

P-ISSN 2337-6945

E-ISSN 2828-2922

Vol 6. No 1. (2022)

# MJMST

## Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology

### TABLE OF CONTENT

UNJUK KERJA MOBILTHERM 605 SEBAGAI FLUIDA PEMANAS PADA DESAIN  
PREHEATER METANOL UNTUK PILOT PLANT BIODIESEL  
Muhammad Sayuthi, Zulmiardi, Asnawi, Suryadi

ANALISA TEGANGAN SISA PADA MATERIAL LAS SMAW MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA TEREKSPONSI DAN TIDAK TEREKSPONSI  
Aljufri, Aditya Kamanurandi, Abubakar Dabet, Alchalil, Zufahmi

STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI DESA  
TINGKEM  
Abdul Syafi, Khairullah Yusuf, Joni Arfiandi

ANALISA STRUKTUR MIKRO MATERIAL KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT  
SERBUK CANGKANG KERANG  
Ahmad Nayan, Teuku Hafli

PEMANFAATAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI BAHAN BAKAR  
MINYAK SOLAR INDUSTRI PADA SISTEM PEMANAS FLUIDA TERMIS DI PABRIK  
RESIN

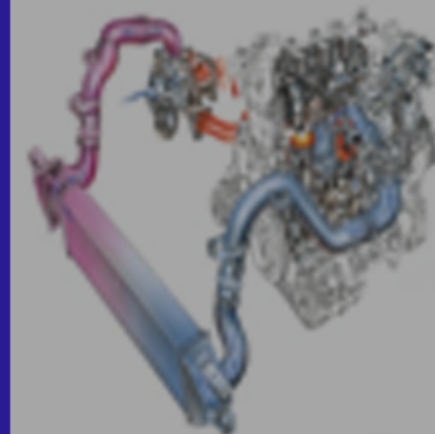
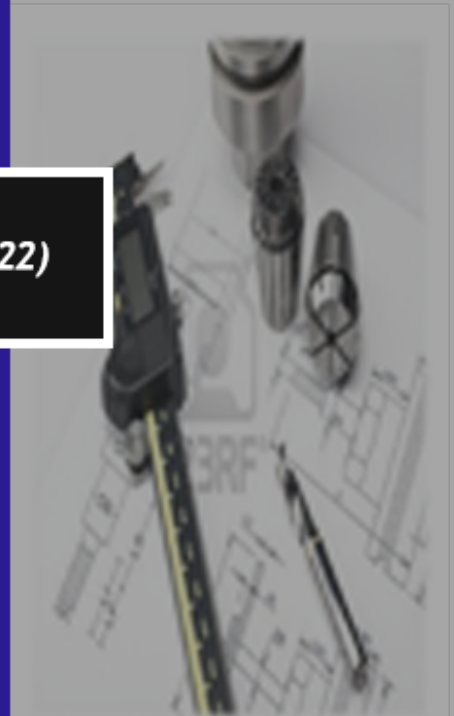
Sari Farah Dina, Justaman Arifin Karo Karo, Siti Masriani Rambe, Edwin  
Harianto Sipahutar, Harry Parulian Limbong

ANALISA RESISTIVITAS TANAH TERHADAP PREDIKSI KOROSI PADA PIPA  
DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KAMPUS UNIMAL BUKIT INDAH  
Reza Putra, Muhammad, Abdul Rahman, Teuku Hafli, Nurul Islami

ANALISA PENGARUH PERBANDINGAN FRAKSI BERAT PARTIKEL KAYU  
SEMARAM DAN PENGIKAT RESIN POLYESTER TERHADAP SIFAT MEKANIK  
KOMPOSIT  
Muhammad, Reza Putra, Asnawi, Edy Yusuf, Muhammad Sayuti

Published: April 30, 2022

MATERIALS & MECHANICS, MATERIALS & PROCESSING, FLUIDS ENGINEERING  
THERMAL ENGINEERING, ENGINE SYSTEMS, POWER & ENERGY SYSTEMS  
DYNAMICS, ROBOTICS & MECHATRONICS, MEASUREMENT & CONTROL,  
MICRO-NANO SCIENCE, COMPUTATIONAL MECHANICS, MACHINE DESIGN & TRIBOLOGY  
DESIGN & SYSTEMS, MANUFACTURING & MACHINE TOOL, MANUFACTURING SYSTEMS  
INFORMATION COMMUNICATION TECH & DISSEMINATION  
BIO-ENGINEERING & BIO-MECHANICS, SPORTS ENGINEERING & HUMAN DYNAMICS  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING, INDUSTRIAL HEALTH & SAFETY  
TRANSPORTATION, STRUCTURE & HYDRO-ENGINEERING  
SPACE ENGINEERING, TECHNOLOGY & SOCIETY, LAW & TECHNOLOGY





MJT  
Mechanical Science & Technology

**Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology (MJMST)**

Mechanical Engineering Laboratory, 2<sup>nd</sup> Floor, Kampus Bukit Indah, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia  
Jl. Kompleks Bukit Indah, Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh, Indonesia, 24352

E-mail: [mjmst@unimal.ac.id](mailto:mjmst@unimal.ac.id) | Homepage : <https://tm.unimal.ac.id>

Printed ISSN **2337-6945**

Online ISSN **2828-2922**

**Published by:** Department of Mechanical Engineering, Malikussaleh University.

**Website:** <https://tm.unimal.ac.id>

**Editor in Chief:** [asnawi@unimal.ac.id](mailto:asnawi@unimal.ac.id)

**Associate Editor:** [nurulislami@unimal.ac.id](mailto:nurulislami@unimal.ac.id)

**Managing Editor:** [nayan@unimal.ac.id](mailto:nayan@unimal.ac.id)

**New Address of Journal:** <https://ojs.unimal.ac.id/mjmst/index>

**Old Address of Journal:** <http://mjmst.unimal.ac.id/>

# Editorial Board

## Editor in Chief:

Asnawi, M.Sc - Mech. Engineering, Malikussaleh University

## Managing Editor:

Ahmad Nayan - Mech. Engineering, Malikussaleh University

## Editorial Board Members:

Teuku Hafli - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Abdul Rahman - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Aljufri - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Alchalil - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Muhammad Yusuf - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Zulfahmi - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Suryadi - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Muhammad Sayuthi - Mechanical Engineering Department, Malikussaleh University  
Adi Setyawan - Renewable Energy Engineering Department, Malikussaleh University  
Muhammad - Material Engineering Department, Malikussaleh University  
Reza Putra - Material Engineering Department, Malikussaleh University  
Nurul Islami - Material Engineering Department, Malikussaleh University  
Muhammad Rizal - Mechanical Engineering Department, Syiah Kuala University  
Syarizal Fonna - Mechanical Engineering Department, Syiah Kuala University  
Rudi Kurniawan - Mechanical Engineering Department, Syiah Kuala University  
Amir Arifin - Mechanical Engineering Department, Sriwijaya University  
Muhammad Said - Chemical Engineering Department, Sriwijaya University  
Khairi Suhud - Chemical Science Department, Syiah Kuala University  
Eka Safitri - Chemical Science Department, Syiah Kuala University

## Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology (MJMST)

Mechanical Engineering Laboratory, 2<sup>nd</sup> Floor, Kampus Bukit Indah, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia  
Jl. Kompleks Bukit Indah, Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh, Indonesia, 24352

E-mail: [mjmst@unimal.ac.id](mailto:mjmst@unimal.ac.id) | <https://ojs.unimal.ac.id/mjmst>

Printed ISSN **2337-6945**. Online ISSN **2828-2922**

**Published by:** Department of Mechanical Engineering, Malikussaleh University.

**Website:** <https://tm.unimal.ac.id>

## Table of Content

UNJUK KERJA MOBILTHERM 605 SEBAGAI FLUIDA PEMANAS PADA DESAIN PREHEATER METANOL UNTUK PILOT PLANT BIODIESEL Muhammad Sayuthi, Zulmiardi, Asnawi, Suryadi.....	1-3
ANALISA TEGANGAN SISA PADA MATERIAL LAS SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA TEREKSPOS DAN TIDAK TEREKSPOS Aljufri, Aditya Kamanurandi, Abubakar Dabet, Alchalil, Zufahmi .....	4-7
STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI DESA TINGKEM Abdul Syafi, Khairullah Yusuf, Joni Arfiandi .....	8-14
ANALISA STRUKTUR MIKRO MATERIAL KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT SERBUK CANGKANG KERANG Ahmad Nayan, Teuku Hafli.....	15-24
PEMANFAATAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI BAHAN BAKAR MINYAK SOLAR INDUSTRI PADA SISTEM PEMANAS FLUIDA TERMIK DI PABRIK RESIN Sari Farah Dina, Justaman Arifin Karo karo, Siti Masriani Rambe, Edwin Harianto Sipahutar, Harry Parulian Limbong .....	25-31
ANALISA RESISTIVITAS TANAH TERHADAP PREDIKSI KOROSI PADA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KAMPUS UNIMAL BUKIT INDAH Reza Putra, Muhammad, Abdul Rahman, Teuku Hafli, Nurul Islami .....	32-36
ANALISA PENGARUH PERBANDINGAN FRAKSI BERAT PARTIKEL KAYU SEMARAM DAN PENGIKAT RESIN POLYESTER TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT Muhammad, Reza Putra, Asnawi, Edy Yusuf, Muhammad Sayuti .....	37-41

## UNJUK KERJA MOBILTHERM 605 SEBAGAI FLUIDA PEMANAS PADA PREHEATER FLUIDA METANOL UNTUK PILOT PLANT BIODIESEL

Muhammad Sayuthi\*, Zulmiardi, Asnawi, Suryadi  
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia  
\*Corresponding Author: [muhd.sayuthi@unimal.ac.id](mailto:muhd.sayuthi@unimal.ac.id)

**Abstract** – Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang terbarukan dari lemak hewani dan nabati untuk menggantikan minyak solar. Oleh karena pemerintah menetapkan penggunaan campuran biodiesel 30% dalam minyak solar untuk bidang transportasi per Januari 2020, maka penggunaan teknologi ramah lingkungan, berkelanjutan dan ekonomis pada pilot plant biodiesel harus dilakukan untuk meningkatkan mutu serta harga biodiesel sehingga dapat setara dengan minyak solar. Beberapa jenis Teknologi pengolahan biodiesel, diantaranya adalah teknologi tanpa/nir katalis. Teknologi ini cuma membutuhkan bahan baku berupa minyak nabati dan metanol, tidak menggunakan katalis. Penggunaan metanol dalam bentuk uap superheated pada reaksi nir katalis membutuhkan peralatan yang dapat mengubah metanol cair menjadi uap superheated metanol. Konversi methanol menjadi superheated methanol pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan preheater metanol berdasarkan desain dari penelitian terdahulu menggunakan software ChemCAD. yang akan memanaskan metanol secara tidak langsung melalui fluida pemanas berupa thermal oil Mobiltherm 605, untuk mendapatkan uap metanol dari preheater metanol yang memenuhi syarat penggunaan yang tepat

**Keywords:** Biodiesel, Unjuk kerja Mobiltherm 605, preheater metanol

### 1 Pendahuluan

Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan dari lemak hewani dan nabati berupa, metil ester asam lemak (*Fatty Acid Methyl Ester/ FAME*) yang telah lama dianggap sebagai pengganti minyak bumi (*Petroleum Diesel*). Biodiesel pertama kali dibuat pada tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick, ini sebelum mesin diesel pertama kali ditemukan. Empat dekade kemudian, Rudolf Diesel berhasil merakit mesin diesel pertama pada tahun 1893 di Augsburg, Jerman, yang kemudian diperkenalkan di *World's Fair* di Paris, Prancis. Pada saat itu, mesin diesel masih dioperasikan menggunakan biodiesel yang terbuat dari minyak kacang tanah. Sekarang, biodiesel dapat dibuat dari berbagai bahan baku, menggunakan bermacam-macam teknik, termasuk esterifikasi yang tidak ramah lingkungan dan trans-esterifikasi yang ramah lingkungan.

Karena untuk memproduksi biodiesel berkualitas tinggi yang ramah lingkungan membutuhkan *preheater* metanol untuk menghasilkan uap metanol yang dimasukkan kedalam minyak. Dikarenakan Metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna, dan beracun digunakan

sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan additif bagi etanol industri dan sebagai bahan bakar, maka proses pemanasannya harus dilakukan dengan aman.

Pada penelitian ini yang dilakukan adalah mengukur unjuk kerja Mobiltherm 605 yang akan memanaskan metanol secara tidak langsung melalui preheater metanol, berdasarkan parameter simulasi ChemCAD penelitian sebelumnya oleh Hanafi untuk mendapatkan uap metanol yang memenuhi syarat penggunaan yang tepat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja *Mobiltherm 605* sebagai fluida pemanas pada preheater metanol ketika diaplikasikan secara praktik.

Unjuk kerja dapat diartikan sebagai tingkat pencapaian hasil. Penilaian terhadap unjuk kerja merupakan suatu kegiatan yang sangat penting dibuat sebagai masukan guna mengenal lebih baik tentang sistem dan mengadakan perbaikan untuk peningkatan hasil pada waktu yang akan datang.

Unjuk kerja *Mobiltherm 605* sebagai fluida pemanas adalah kemampuan dalam melakukan

perpindahan panas ke Methanol cair menjadi uap methanol. Unjuk kerja (%)  $\eta$ , dipengaruhi oleh temperatur Mobiltherm 605 yang masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{im}$ , temperatur uap Metanol yang keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{ou}$ , dinyatakan dengan persamaan:  $\eta = \frac{T_{ou}}{T_{im}} \times 100\%$

Pengujian unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas pada preheater metanol untuk pilot plant biodiesel kualitas tinggi perlu dilakukan melalui penelitian ini, yang memiliki tingkat kesiapterapan teknologinya adalah pembuktian konsep fungsi dan/ atau karakteristik penting secara eksperimental mengenai thermal oil Mobiltherm 605, dengan cara memvalidasi komponen/ subsistem dalam lingkungan laboratorium, untuk mengetahui unjuk kerja Mobiltherm 605 secara praktik.

## 2 Metode Pelaksanaan

### 2.1 Tempat dan Waktu Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Konversi Energi dan Konstruksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh. Pengambilan data setelah usulan ini disetujui

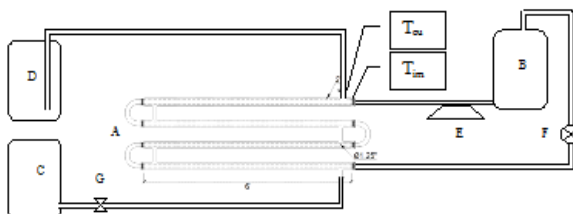
Pada penelitian ini yang dilakukan adalah mengukur temperatur Mobiltherm 605 yang masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{im}$ , temperatur uap Metanol yang keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{ou}$  dan membandingkan temperatur uap Metanol yang keluar terhadap temperatur Mobiltherm 605 yang masuk, sehingga tingkat kemampuan Mobiltherm 605 dalam mentrasfer panas atau unjuk kerja dapat diketahui dalam bentuk persentasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas pada preheater metanol ketika diaplikasikan secara praktik

### 2.2 Skema Peralatan Pengujian

Alat – alat yang digunakan adalah hasil rancangan, dengan rincian:

- ✓ Rangka Alat
- ✓ Preheater hasil desain oleh Hanafi
- ✓ Pompa
- ✓ Pemanas
- ✓ Termokopel



Gambar 1. Set-up rangkaian alat - alat penelitian

Keterangan:

- A = Preheater Metanol, E = Pemanas
- B= Tangki Mobiltherm 605, F= Pompa
- C= Tangki Methanol, G= Katup
- D= Tangki Minyak Nabati

### 2.3 Prosedur Penelitian

- ✓ Membuat preheater berdasarkan perhitungan desain oleh Hanafi menggunakan ChemCAD
- ✓ Set-up rangkaian alat-alat penelitian
- ✓ Letakkan sensor termokopel saluran masuk Mobiltherm 605.
- ✓ Letakkan sensor termokopel saluran keluar Methanol
- ✓ Sirkulasikan Mobiltherm 605 dengan pompa.
- ✓ Hidupkan pemanas otomatis dan set disaat temperatur Mobiltherm 605 memasuki preheater  $160^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Saat temperatur Mobiltherm 605 memasuki preheater  $160^{\circ}\text{C}$ , alirkan Metanol secara counter flow.
- ✓ Ambil data temperatur sesuai uraian diatas
- ✓ Lakukan pengolahan data

## 3 Hasil

Proses pembuatan alat preheater metanol menggunakan pipa - pipa dengan proses bubut dan pengelasan yang dilakukan di laboratorium.

Tabel 1. Pengukuran Temperatur

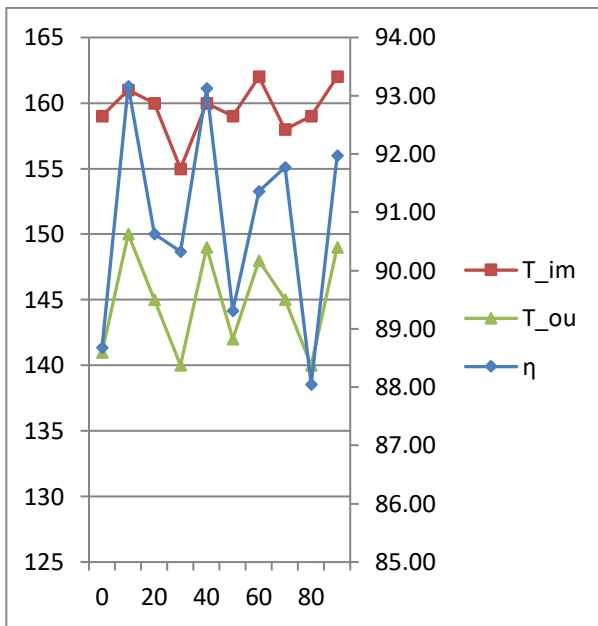
No	Waktu (detik)	Temperatur; $^{\circ}\text{C}$			
		Mobiltherm 605		Metanol	
		Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
1	0	159	110	28	141
2	10	161	109	27	150
3	20	160	111	28	145
4	30	155	110	27	140
5	40	160	105	27	149
6	50	159	110	26	142
7	60	162	109	26	148
8	70	158	112	27	145
9	80	159	108	28	140
10	90	162	112	27	149

Perhitungan unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas adalah kemampuan dalam melakukan perpindahan panas ke Methanol cair menjadi uap methanol. Unjuk kerja (%)  $\eta$ , dipengaruhi oleh temperatur Mobiltherm 605 yang masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{im}$ , temperatur uap Metanol yang keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{ou}$ , dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta = \frac{T_{ou}}{T_{im}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{141}{159} \times 100\%$$

$$\eta = 88,68\%$$



Gambar 2 Grafik unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas

Unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas dalam melakukan perpindahan panas ke Methanol cair menjadi uap methanol adalah sangat baik dengan capaian 88% sampai dengan 93%.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data yang diperoleh maka unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas pada preheater metanol ketika diaplikasikan secara praktik dapat diketahui Unjuk kerja Mobiltherm 605 sebagai fluida pemanas dalam melakukan perpindahan panas ke Methanol cair menjadi uap methanol adalah sangat baik dengan capaian 88% sampai dengan 93%.

#### 5 Ucapan Terimakasih

Penelitian ini Dibiayai dengan Dana AKSI\_ADB Universitas Malikussaleh Tahun 2021. Terimakasih kepada Bapak Rektor Universitas Malikussaleh beserta jajarannya, Bapak Ketua Manajer Proyek AKSI-ADB beserta jajarannya, Bapak Ketua LPPM beserta jajarannya, Dekan Fakultas Teknik beserta jajarannya, Ketua Jurusan Teknik Mesin beserta dosen dan jajarannya, MJMST dan seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini. Salam hangat dari Mechanical Engineering

#### References

- [1] Hanafi Prida Putra, dkk, 2020, *Desain Preheater Metanol Untuk Pilot Plant Biodiesel Kualitas Tinggi Dengan Mobiltherm 605 Sebagai Fluida Pemanas*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/ame/index>
- [2] <https://www.mobil.co.id/id-id/our-products/mobil-industrial-lubricants/products/mobiltherm-605>
- [3] Musunuri, R.K. Sanchez, D. Rodrigues, R, 2007, *Solar Thermal Energy*, University of Gavle, Germany.
- [4] Muharto, dkk, *Efektifitas Penyerapan Panas Sinar Matahari Oleh Air yang Mengalir Dalam Pipa*, ITS, Sukolilo, Surabaya.
- [5] Muhammad Sayuthi, dkk. 2008. "Pengukuran Teknik" ISBN: 978-979-756-362-2, Graha Ilmu, Jakarta
- [6] Muhammad Sayuthi, dkk. 2014. "Jurnal Teknik Mesin Unsyiah" ISBN: 2301-8224, Univ. Syiah Kuala, Banda Aceh, Vol.2, No.2, 2014
- [7] Muhammad Sayuthi, dkk. 2015. "Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology" ISBN: 2337-6945, Univ. Malikussaleh, Banda Aceh, Vol.3, No.2, 2015
- [8] Sudirham, S, *Mengenal Sifat Material*, www.buku-e.lipi.go.id
- [9] Solikhah, M.D., dkk. (2016). *Produksi biodiesel nir-katalis dari PFAD dengan packed bubble column reactor*. Prosiding Kongres Teknologi Nasional 2016.
- [10] Welty, James R dkk. 2001 *Fundamental of Momentum, Heat, and Mass Transfer*, John Wiley & Son, Inc.

## ANALISA TEGANGAN SISA PADA MATERIAL LAS SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA TEREKSPOS DAN TIDAK TEREKSPOS

Aditya Kamanurandi, Aljufri\*, Abubakar, Alchalil, Zulfahmi  
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia  
Corresponding author: aljufri@unimal.ac.id

**Abstract** – Penelitian tentang pengaruh tegangan sisa dan sifat mekanik material las SMAW ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tegangan sisa pada proses pengelasan menggunakan elektroda terekspos dan tidak terekspos. Material yang digunakan Baja AISI 1045 dengan pengelasan SMAW. Elektroda yang digunakan tipe AWS E7016 Ø2,6 mm dalam keadaan terekspos dengan udara luar selama 7×24 jam dan elektroda tidak terekspos dengan udara luar. Tipe kampuh yang digunakan V tunggal dengan  $\alpha$  70° serta kuat arus 90 ampere. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 14 spesimen, keseluruhan spesimen diuji dengan pengujian tarik, untuk mendapatkan sifat mekanik dari keseluruhan dari spesimen baik yang menggunakan elektroda terekspos dan tidak terekspos. Dari hasil pengujian pengelasan menggunakan elektroda terekspos nilai tegangan tarik yang didapat rata-rata 320,84 MPa, nilai rata-rata regangan 0,027, dan nilai rata-rata modulus elastisitas adalah 11.545,32 MPa. Pada elektroda tidak terekspos didapat nilai tegangan tarik 340,43 MPa, nilai rata-rata regangan 0,038, dan nilai rata-rata modulus elastisitas adalah 8.870,92 MPa. Dari data hasil pengujian tarik maka dapat diketahui nilai rata-rata tegangan sisa pada elektroda terekspos yaitu sebesar 23,411 MPa, dan nilai rata-rata tegangan sisa pada elektroda tidak terekspos adalah 16,327 MPa sehingga pengelasan yang menggunakan elektroda tidak terekspos memiliki sifat lebih ulet dibandingkan dengan elektroda terekspos memiliki sifat lebih kaku (getas).

**Keywords:** Elektroda, Terekspos, Tidak terekspos, Tegangan sisa, Sifat Mekanik

### 1. Pendahuluan

Tegangan sisa atau *Residual Stress* merupakan salah satu faktor yang diperhitungkan untuk mengetahui adanya suatu potensi kegagalan atau *failure* pada suatu struktur. Penentuan terhadap adanya potensi kegagalan melalui perhitungan tegangan sisa tersebut akan berkaitan dengan tingkat keselamatan dan keamanan suatu struktur (Withers, 2007). *Residual stress* tidak dapat dihindari dan dapat terbentuk ketika proses fabrikasi struktur dilakukan maupun ketika masa operasi dari struktur tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Asmadi, 2016), yaitu pengaruh elektroda terhadap tegangan sisa dan sifat mekanik pada pengelasan baja. Dari hasil penelitian pengelasan yang dilakukan dengan menggunakan 3 macam jenis elektroda berhidrogen rendah yaitu, E7015 jenis fluks Natrium berhidrogen rendah, E7016 jenis fluks Kalium berhidrogen rendah, E7018 jenis fluks serbuk besi berhidrogen rendah pada Baja AISI 4337.

Elektroda tipe AWS E7016 tegangan sisa tarik (positif) terkecil pada logam las yaitu 1,452 kg/mm<sup>2</sup>.

proses pengelasan yang banyak kita jumpai di lapangan selama ini diman elektroda yang telah dikeluarkan dari kotak pembungkus kemudian langsung dipakai, selanjutnya elektroda tersebut dibiarkan diudara terbuka tidak dimasukan kedalam kotaknya atau pada oven yang ada. Selanjutnya tanpa dikeringkan dahulu sisa dari elektroda yang tidak dimasukan kedalam kota dan oven tersebut dipakai kembali pada pengelasan berikutnya.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Aljufri, 2017), yaitu pengaruh elektroda terekspos dan tidak terekspos terhadap kualitas daerah lasan pada material A53 Gr.A. Pada pengujian *dye penetrant test* didapat 2 jenis cacat las yang ditemukan yaitu *undercut* dan *surface porosity*. Khusus untuk cacat las jenis *surface porosity* lebih banyak terjadi pada spesimen jenis pengkondisian elektroda terekspos, sedangkan pada spesimen dengan jenis pengkondisian elektroda yang



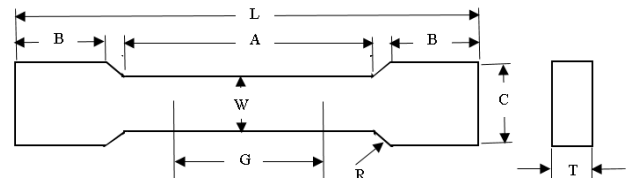
tidak terekspos dari seluruh spesimen terdapat empat titik ditemukan *surface porosity*. Disini terlihat jelas bahwasannya pengaruh penggunaan elektroda yang terekspos sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan las dibandingkan dengan penggunaan elektroda yang tidak terekspos. Hal ini sangat erat hubungannya dengan arus listrik, elektroda, kekuatan dan tegangan sisa akibat proses las.

Salah satu permasalahan dalam pengelasan suatu material logam itu ialah apabila filler atau logam pengisi tersebut memiliki kelembaban yang terkandung dalam elektroda akibat terekspos dengan udara luar dengan waktu tertentu yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan, maka dalam penelitian ini dilakukan suatu untuk menganalisa tegangan sisa pada material las SMAW menggunakan elektroda terekspos dan tidak terekspos.

## 2. Metode Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan secara sistematis dari proses penentuan jenis material, penggunaan lasan, jenis kampuh las dan kuat arus serta penentuan elektroda yang digunakan secara terekspos dan tidak terekspos, sampai proses pengujian untuk menilai kekuatan hasil lasan yang mana yang lebih baik dan dapat dijadikan referensi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Material digunakan adalah plat Baja karbon AISI 1045 dengan ukuran panjang masing-masing 200 mm lebar 50 mm, dan tebal 6 mm kemudian dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM E8/E8M-13a
2. Pengelasan yang digunakan adalah pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding), Teknik pengelasan yang digunakan adalah Teknik pengelasan datar atau disebut juga dengan metode pengelasan 1G, menggunakan elektroda las E 7016 dengan kondisi terekspos dan tidak terekspos.
3. Saat sebelum dilakukan pengelasan, material yang akan dilas dibuat kampuh (alur) las sesuai dengan petunjuk WPS. Dalam penelitian ini digunakan Kampuh V 70° dengan kuat arus 90 amper
4. Baja karbon AISI 1045 dengan ukuran pengujian dimensi spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM E-8 (Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials) telah diatur mengenai bentuk spesimen uji tarik yang baku di perlihatkan pada Gambar 1.
5. Hasil dari pengujian tarik yang dilakukan selanjutnya dapat dilakukan analisa tegangan sisa yang terjadi pada material yang dilas menggunakan elektroda terekspos dan tidak terekspos.



Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik Standar E8/E8M-13a

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian pengelasan ini menggunakan metode pengujian uji tarik dan perhitungan menggunakan. Hasil pengelasan yang sudah dilakukan dengan elektroda terekspos dan tidak terekspos dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Hasil pengelasan dengan elektroda terekspos



Gambar 3 Hasil pengelasan dengan elektroda tidak terekspos

Data hasil pengujian tarik tersebut dapat di ketahui melalui pengujian tarik pada material plat AISI 1045 dengan proses pengelasan menggunakan elektroda terekspos dan tidak terekspos sebagai berikut :

## 1. Pengujian Spesimen Uji Tarik Elektroda Terekspos

Tabel 1. Data spesimen uji tarik elektroda terekspos

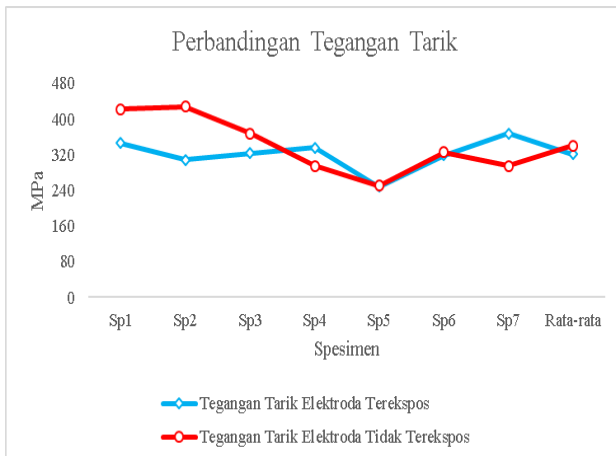
Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (MPa)
Sp1	345,32	0,032	10791,40
Sp2	308,32	0,025	12332,84
Sp3	322,97	0,027	11961,69
Sp4	335,13	0,028	11968,78
Sp5	248,04	0,027	9019,74
Sp6	318,52	0,025	12490,98
Sp7	367,55	0,03	12251,77
<b>Rata-rata</b>	<b>320,84</b>	<b>0,027</b>	<b>11545,32</b>

## 2. Pengujian Spesimen Uji Tarik Elektroda Tidak Terekspos

Tabel 2. Data Spesimen uji tarik elektroda tidak terekspos

Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (MPa)
Sp1	421,69	0,049	8605,84
Sp2	428,09	0,038	11119,30
Sp3	367,55	0,041	8856,70
Sp4	295,11	0,036	8197,63
Sp5	250,00	0,037	6756,87
Sp6	325,45	0,036	9040,28
Sp7	295,11	0,031	9519,83
<b>Rata-rata</b>	<b>340,43</b>	<b>0,038</b>	<b>8870,92</b>

Dari keseluruhan hasil yang telah dibuat pada tabel 1 dan 2 dapat dibaca pada grafik tegangan tarik, presentase regangan tarik, serta modulus elastisitas pada Gambar 3 dan 4.

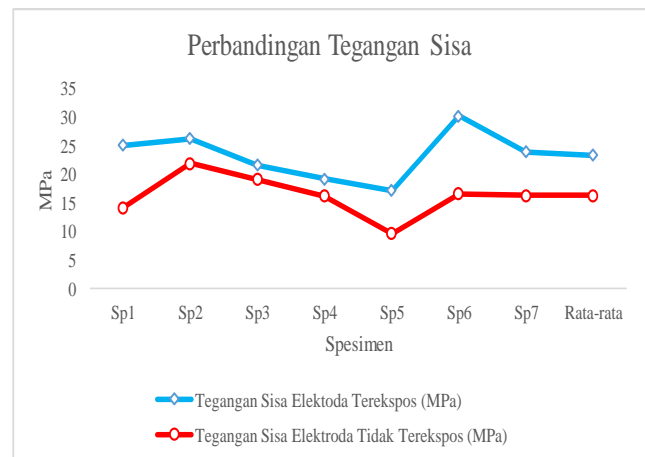


Gambar 3. Grafik perbandingan tegangan tarik

Perhitungan nilai tegangan sisa ini dilakukan setelah pengujian dan perhitungan nilai hasil uji tarik pada material Baja AISI 1045 dengan pengelasan menggunakan elektroda tidak terekspos dan terekspos, nilai tegangan sisa dapat dilihat pada Tabel 3 serta dapat dibaca di grafik pada Gambar 4.

Tabel 2. Tegangan Sisa pada elektroda terekspos dan tidak terekspos

Spesimen	Tegangan Sisa Elektroda Terekspos (MPa)	Tegangan Sisa Elektroda Tidak Terekspos (MPa)
Sp1	25,166	14,263
Sp2	26,318	21,935
Sp3	21,667	19,16
Sp4	19,222	16,291
Sp5	17,198	9,662
Sp6	30,32	16,64
Sp7	23,989	16,336
<b>Rata-rata</b>	<b>23,411</b>	<b>16,327</b>



Gambar 4. Grafik perbandingan tegangan sisa

Hasil yang diperoleh nilai tegangan sisa pada elektroda terekspos lebih tinggi disemua spesimen dengan dibandingkan nilai tegangan sisa pada spesimen yang dilas menggunakan elektroda tidak terekspos, nilai paling rendah berada dispesimen ke 5 baik pada elektroda terekspos adalah 17,198 MPa dengan nilai tegangan tarik sebesar 248,04 MPa dan elektroda tidak terekspos yaitu 9,662 MPa dengan nilai tegangan tarik yang terjadi adalah 250 Mpa, tetapi untuk nilai tegangan sisa yang tertinggi pada hasil lasan menggunakan elektroda terekspos adalah spesimen ke 6 yaitu 30,32 MPa yang memiliki nilai tegangan tarik sebesar 318,52 MPa, sedangkan pada hasil lasan menggunakan elektroda tidak terekspos adalah spesimen ke 2 yaitu 21,935 MPa yang memiliki nilai tegangan tarik sebesar 428,09 MPa. Untuk nilai rata-rata tegangan sisa elektroda terekspos adalah 23,411 MPa dengan nilai rata-rata tegangan tarik 320,84 MPa dan nilai rata-rata tegangan sisa pada elektroda tidak terekspos adalah 16,327 MPa yang memiliki nilai rata-rata nilai tegangan tarik sebesar 340,43 MPa. Tegangan sisa ditimbulkan karena adanya deformasi plastis tidak seragam dalam suatu bahan, antara lain akibat perlakuan panas yang tidak merata

atau perbedaan laju pendinginan pada bahan yang mengalami proses pengelasan (Futichah, 2007). Pada hasil penelitian ini untuk laju perbedaan temperatur saat mengelas dan temperatur setelah mengelas (temperatur pematatan) pada elektroda terekspos dan tidak terekspos.

Jika dihubungkan tegangan sisa yang terjadi dengan sifat mekanik pada material Baja AISI 1045 yang dilas dengan menggunakan elektroda tipe E7016 dalam keadaan terekspos dengan udara luar 7x24 jam dan elektroda dengan keadaan tidak terekspos udara luar, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dimana nilai tegangan sisa rata-rata pada elektroda terekspos adalah 23,411 MPa dengan nilai modulus elastisitas rata-rata yaitu 11.545,32 MPa, sedangkan pada pengelasan dengan menggunakan elektroda tidak terekspos nilai tegangan sisa rata-rata adalah 16,327 MPa dan nilai modulus elastisitas rata-rata adalah 8.870,92 MPa. Semakin besar nilai modulus elastisitas pada suatu material maka semakin kaku (getas) material tersebut, pada material yang dilas menggunakan elektroda terekspos nilai tegangan sisa besar dan nilai modulus elastisitas juga besar, sebaliknya pada material yang dilas menggunakan elektroda tidak terekspos nilai tegangan sisa dan modulus elastisitas lebih kecil dibandingkan elektroda terekspos. Dari hasil penelitian ini penggunaan elektroda tidak terekspos memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan elektroda terekspos dalam proses pengelasan baja

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tegangan sisa pengelasan SMAW menggunakan elektroda tipe E7016 dengan keadaan terekspos dan tidak terekspos pada material baja AISI 1045, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengelasan menggunakan elektroda terekspos memiliki nilai tegangan sisa rata-rata sebesar 23,411 MPa dan dari data pengujian tarik didapat nilai rata-rata tegangan tarik 320,84 MPa, nilai rata-rata regangan 0,027, dan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 11.545 MPa.
2. Pada pengelasan menggunakan elektroda tidak terekspos memiliki nilai tegangan sisa rata-rata sebesar 16,327 MPa dan dari data pengujian tarik didapat nilai rata-rata tegangan tarik 340,43 MPa, nilai rata-rata regangan 0,038, dan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 8.870 MPa.
3. Pengelasan baja AISI 1045 menggunakan elektroda tidak terekspos memiliki sifat yang lebih ulet dengan nilai tegangan sisa 16,327 MPa dibandingkan dengan menggunakan elektroda terekspos yang memiliki sifat lebih kaku (getas) yang memiliki nilai tegangan sisa sebesar 23,411 MPa

#### Daftar Pustaka

- [1] Aljufri. (2017). Pengaruh Pemakaian Elektroda Terekspos Dan Tidak Terekspos Terhadap Kualitas Lasan Pada Material A53 Gr.A. Seminar Nasional Sains dan Teknologi UMJ.
- [2] Amrullah, M. (2020). Analisa Pengaruh Tegangan Sisa Pengelasan Terhadap Kekuatan Rangka Tubular. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- [3] Asmadi., Ilmi, B. (2016). Pengaruh Elektroda Terhadap Tegangan sisa dan Sifat Mekanik pada Pengelasan Baja. *Teknika*, Vol.3 No.2.
- [4] Futichah., Mulich, R. (2007). Korelasi Antara arus Pengelasan Dengan Tegangan Sisa Pada Sambungan LasTutup-Kelongsong Elemen Bakar Nuklr Zircaloy-2. *J.Tek.Bhn.Nukl*, Vol 3 No1.
- [5] Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, T. 1996. *Teknologi pengelasan Logam*. Jakarta: pradnya paramita.

## Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Desa Tingkem

Abdul Syafi<sup>1,a</sup>, Khairullah Yusuf<sup>1,b\*</sup>, Joni Arfiandi<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh, Aceh, 24353, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh, Aceh, 24353, Indonesia

<sup>a</sup>risyaf@yahoo.com; <sup>b</sup>khairullah@unimal.ac.id; <sup>c</sup>jonicaleue@gmail.com

\*Corresponding author E-mail: khairullah@unimal.ac.id

**ABSTRACT** - Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is a small-scale hydropower plant with an installed capacity of under 200 kW that uses water flow from rivers, irrigation channels, or natural waterfalls by utilizing potential waterfalls head at the proposed site. This study discusses the planning and equipment needed for the PLTMH located in rural area such as Tingkem Village to supply the electricity to the local residents. The research also includes the technical feasibility study aspect by surveying the hydrological potential and the height of the waterfall at the proposed site. Based on the study, the electricity needs of the residents of Tingkem Village at a peak load of 20kW. The hydrological and survey data show that the potential of water discharge in the Aih Tilis river in Tingkem Village is about 0.95 m<sup>3</sup>/s with a flow discharge designed of 0.38 m<sup>3</sup>/s and has a head about 7.5 m so that it can generates a power of 28 kW for the electrification of the local residents. Based on the head, discharge plan and installed capacity, the appropriate turbine type is cross flow type and the generator type is synchronous generator type. Based on the findings, it can be said that the PLTMH is suitable to be developed in the Tingkem Village.

**ABSTRAK** - Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah sebuah pembangkit listrik tenaga air dengan skala kecil dengan kapasitas terpasang di bawah 200 kW yang menggunakan aliran air dari saluran irigasi, sungai, atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjun air yang tersedia di lokasi pembangunan. Penelitian ini membahas mengenai teknik perencanaan serta peralatan yang diperlukan pada PLTMH yang terletak di pedesaan seperti Desa Tingkem untuk memenuhi kebutuhan listrik warga setempat. Penelitian termasuk kajian kelayakan secara teknis dengan mensurvei potensi hidrologi dan potensi tinggi jatuh (head) yang terdapat di lokasi rencana pembangunan PLTMH. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan listrik warga Desa Tingkem pada beban puncak sebesar 20kW. Hasil survei di lapangan memperlihatkan bahwa potensi debit air yang ada di sungai Aih Tilis Desa Tingkem adalah sebesar 0,95 m<sup>3</sup>/det dengan debit air yang direncanakan pada saluran pembelokan sebesar 0,38 m<sup>3</sup>/det dan memiliki tinggi terjun 7,5 m sehingga dapat menghasilkan daya sebesar 28 kW yang cukup untuk memenuhi kebutuhan warga setempat. Berdasarkan head, debit rencana dan kapasitas terpasang tersebut maka jenis turbine yang sesuai adalah jenis cross flow dan jenis generator adalah jenis generator sinkron. Berdasarkan parameter di atas, dapat disimpulkan bahwa pada Desa Tingkem tersebut sangat memungkinkan untuk dibangun PLTMH.

**Kata kunci:** Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, debit air, head, turbin, generator, beban.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam aktivitas sehari-hari, tingkat penggunaan listrik di pedesaan terhitung masih sangat rendah, terutama bila dibandingkan dengan tingkat penggunaan listrik di daerah urban atau perkotaan. Pelistrikan di

pedesaan merupakan salah satu hal terpenting untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat pedesaan dan untuk mengurangi kesenjangan antara kehidupan perkotaan dengan pedesaan. Untuk itu pemerintah telah memasukkan pembangkit listrik tenaga air seperti PLTMH sebagai salah satu sumber energi untuk

masyarakat khususnya masyarakat pedesaan. Pembangunan PLTMH diharapkan juga dapat menjadi salah satu pilihan dalam kebijakan pemerintah dalam memenuhi target dengan total kapasitas terpasang sebesar 35GW. Indonesia yang sangat kaya dengan potensi energi dari sumber alam tentu akan bisa digunakan sebagai alternatif terhadap sumber energi yang berasal dari sumber fosil.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan merupakan suatu pembangkit yang mampu alternatif yang tepat di pedesaan yang banyak terdapat sungai-sungai kecil. Keuntungan dari PLTMH adalah penggunaan teknologi tidak rumit sehingga sesuai dengan kondisi topografi dan akses yang tersedia di pedesaan. Selain itu, distem distribusi juga bisa dilakukan langsung ke masyarakat tanpa harus melalui jalur listrik nasional atau jalur transmisi yang dimiliki oleh PT PLN Persero.

Dalam buku pedoman PLTMH (2001) menjelaskan bahwa PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan aliran air (*flow*) sungai, air terjun atau sumber dari irigasi. PLTMH ini mempunyai beberapa kelebihan antara lain:

1. Energi terbarukan
2. Teknologi yang relatif sederhana dan memadai
3. Biaya operasional dan perawatan yang relatif kecil
4. Mempunyai potensi yang masih sangat luas dan tersebar hampir di semua wilayah Indonesia (Deputi bidang produksi. 2001)

Dalam rangka memenuhi kebutuhan kelistrikan di wilayah pedesaan yang tidak terjangkau oleh PT. PLN (Persero), maka pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ini diharapkan memberikan solusi yang tepat untuk kelistrikan di pedesaan dan diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi dari bahan bakar minyak dan gas.

## 2 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

### 2.1 Gambaran Umum

Kebutuhan energi listrik untuk daerah pedesaan relatif kecil yaitu berkisar antara 10 s/d 150 kW, dimana pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas di bawah 200 kW sangat cocok digunakan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah pedesaan.

PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil (dibawah 200 kW) yang menggunakan aliran air sungai, air saluran irigasi, atau air terjun alam. Sistem kerja PLTMH dengan memanfaatkan tinggi jatuh (*head*) air dan jumlah debit air yang ada.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini biasanya dibangun di wilayah terpencil yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PT. PLN dan menjadi salah satu program pemerintah untuk masa 5 s/d 10

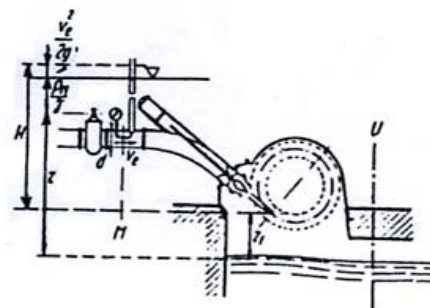
tahun kedepan. Pada umumnya PLTMH mengadopsi sistem *run of river* dimana tidak ada air yang disimpan di belakang bendungan dan air lebih akan melimpah melalui bangunan pelimpah (*spillway*). Selain itu *head* atau ketinggian diperoleh tidak dengan cara membangun bendungan besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke suatu sisi sungai dan menjatuhkannya kembali ke sungai tersebut tanpa merusak vegetasi dan ekosistem yang ada pada sungai tersebut. Venus, dkk (2020) menyimpulkan bahwa pembangkit listrik skala kecil termasuk Mikrohidro akan memainkan peran penting dalam industri energi terbarukan di masa yang akan datang. Dametew (2016) menambahkan bahwa jenis pembangkit hidro ini merupakan salah satu pembangkit listrik yang hemat biaya dan teknologi yang ramah lingkungan dan sangat sesuai untuk dipertimbangkan baik elektrifikasi pedesaan di negara berkembang maupun negara maju.

Sistem PLTMH jenis *run of river* umumnya menggunakan pipa untuk mengalirkan air menuju rumah pembangkit (*powerhouse*). *Powerhouse* ini umumnya dibangun tidak jauh dari tebing sungai. Aliran air dari pipa akan menuju ke turbin dan melalui jet noselnya air akan keluar dengan kecepatan tertentu dan memutar roda turbin (*runner*), kemudian air tersebut akan mengalir kembali ke sungai asalnya melalui sebuah saluran keluar atau sering disebut sebagai *tailrace* (Dinas Pertambangan dan Energi. 1999).

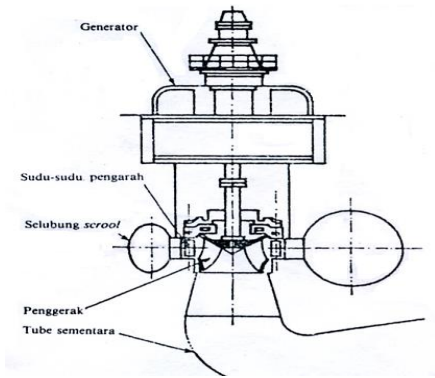
Aliran air tersebut akan berubah menjadi energi mekanik yang dihasilkan melalui putaran poros (*shaft*) turbin akan diubah menjadi energi listrik melalui sebuah generator (Patty, 1995).

### 2.2 Turbin Air

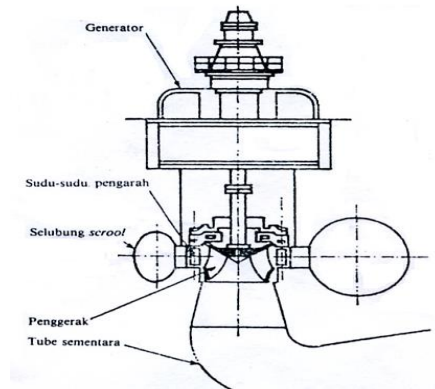
Secara umum, terdapat dua jenis turbin air yang sering digunakan pada pembangkit listrik tenaga mini hidro yaitu turbin *impulse* (Gambar 2.1) dan *reaction* (Gambar 2.2). Beberapa jenis turbin yang termasuk ke dalam jenis *impulse* seperti pelton dan turgo. Sementara itu yang termasuk ke dalam jenis *reaction* seperti francis dan Kaplan.



Gambar 2.1 Turbin Impuls (Patty 1995, hal.92).



Gambar 2.2 Turbin Reaksi (Dandekar & Sharma 1991, hal.408).



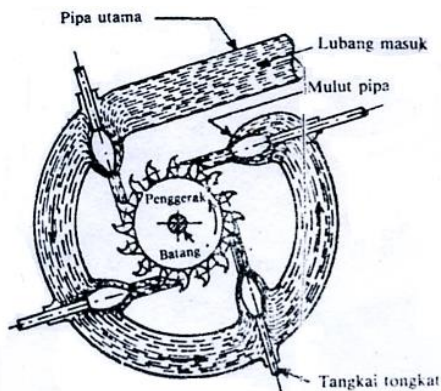
Gambar 2.4 Turbin francis (Dandekar & Sharma 1991, hal.408).

2.3 Turbin Pelton

Turbin pelton sangat sesuai digunakan pada pembangkit listrik tenaga air dengan perbedaan tinggi jatuh (*head*) yang besar dan dengan debit air yang kecil. Banyaknya pancaran dapat dibuat dari satu hingga empat pancaran melalui nozzle dengan kapasitas pipa pancaran ditentukan oleh diameter turbin.

Komponen-komponen utama dari turbin jenis pelton adalah:

- Mempunyai pipa nozle yang berfungsi untuk mengarahkan aliran jet air.
- Runner yang menggunakan energi kinetis aliran jet air.
- Kotak penutup untuk mengamankan runner dan nozle.
- Alat pengatur kecepatan aliran agar kecepatan tetap sama pada berbagai beban (*load*).



Gambar 2.3 Turbin Pelton (Dandekar & Sharma 1991, hal.404).

2.4. Turbin Francis

Sementara itu, komponen-komponen utama dari turbin francis adalah:

- Rumah spiral yang menerima air dari pipa pesat dan mengarahkan aliran air ke turbin.
- Bagian turbin yang berputar.
- Pipa pelepas air yang meneruskan air dari turbin ke saluran pembuang.

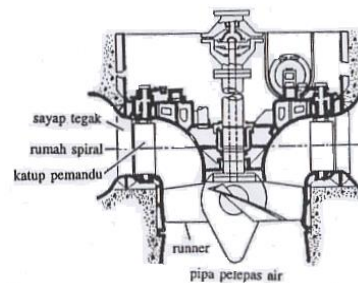
Fungsi rumah spiral adalah membagi rata air yang diterima dari pipa pesat sekeliling turbin.

2.4. Turbin Kaplan

Bagian-bagian turbin ini sama seperti turbin francis yaitu:

- Rumah spiral.
- Turbin.
- Pipa pelepas air.

Turbin kaplan yang bertekanan rendah mempunyai 4 sampai dengan 6 daun (*blade*), sedangkan Kaplan yang bertekanan tinggi terdiri dari 8 blade. Blade ini dibuat dari baja yang tahan karat dan mampu menahan pengaruh kavitasi. Turbin kaplan umumnya mempunyai hanya satu *shaft* yang menghubungkan turbin dan generator (Patty 1995, hal.98).



Gambar 2.5 Turbin Kaplan (Patty 1995, hal.98).

3. TEKNIK PERENCANAAN DAERAH TANGKAPAN AIR, PERHITUNGAN DEBIT AIR, DAYA TURBIN, GENERATOR DAN BEBAN

3.1 Pengukuran Debit Air

Untuk menghitung besar debit sungai dapat digunakan rumus umum (Dinas Pertambangan dan Energi. 1999).

$$Q = L \times D \times V \text{ (m}^3\text{/det)} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = V \times A \text{ (m}^3\text{/ det )} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

Q = Besar debit air (m<sup>3</sup>/det)

L = Lebar sungai (m)

D = Tinggi muka air (m)

V = kecepatan aliran air (m/det)  
 A = Luas penampang basah sungai (m<sup>2</sup>)

Untuk menghitung luas penampang sungai dapat dilakukan dengan membagi penampang basah sungai kedalam beberapa bagian sehingga bisa mewakili bentuk penampang sungai keseluruhan. Pada masing-masing bagian penampang sungai dilakukan pengukuran kecepatan air dan kedalaman air.

Debit total dari sungai tersebut dapat dihitung dengan rumus (Dinas Pertambangan dan Energi. 1999).

$$Q_{total} = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 + \dots + A_n \cdot V_n \dots (3)$$

Untuk menghitung daya yang dibangkitkan oleh air maka dapat digunakan rumus (Dinas Pertambangan dan Energi. 1999).

$$P_{input} = \frac{Q \times S \times H}{75} \dots (hp) \dots (4)$$

Dimana:

- P = Kapasitas terpasang (kW)
- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/det)
- H = Tinggi terjun air (m)
- S = Massa jenis air.

Maka:

$$P_{input} = \frac{Q \times 1000 \times H}{75} \dots (hp)$$

$$= 13,33 QH (hp)$$

$$= 0,736 \times 13,33 QH$$

$$P_{input} = 9,8 QH (kW) \dots (5)$$

### 3.2 Perhitungan Daya Turbin

Daya turbin adalah daya yang dibangkitkan oleh sejumlah air yang menekan sudu-sudu turbin. Daya turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (6).

$$N_t = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_e \cdot \eta_t}{75} \dots (6)$$

- Dimana: N<sub>t</sub> = daya turbin air (HP)  
 γ = berat jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)  
 Q = kapasitas air (m<sup>3</sup>/det)  
 H<sub>e</sub> = head efektif (m)  
 η<sub>t</sub> = efisiensi turbin (%)

### 3.3 Perhitungan daya generator

Daya adalah laju atau kemampuan dalam melakukan kerja atau laju pengeluaran energi. Dalam

satuan SI, satu watt didefinisikan sebagai sesuatu yang sama dengan kerja yang dilakukan pada laju satu joule setiap detik. Watt juga didefinisikan sebagai energi yang dikeluarkan atau kerja yang dilakukan setiap detik oleh arus 1 A yang tidak berubah yang mengalir pada tegangan 1 volt. Atau:

$$P = I V \dots (7)$$

- Dimana: P = daya listrik (watt)  
 I = arus listrik (amper)  
 V = tegangan (volt)

Dengan kata lain, watt adalah ukuran laju muatan listrik bergerak melalui suatu perbedaan potensial. Dari hukum Ohm dinyatakan:

$$V = IR \dots (8)$$

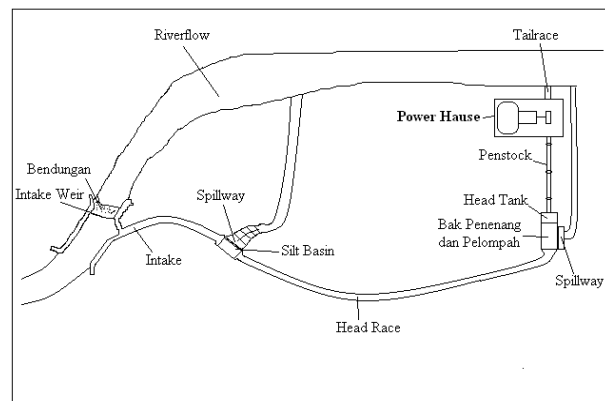
Maka dapat disubstitusikan, bahwa rumus lain dari daya adalah:

$$P = IV = I^2 R$$

$$P = I^2 R \dots (9)$$

### 3.4 Perencanaan Daerah Tangkapan air

Dalam merencanakan sebuah PLTMH dapat diketahui dulu karakteristik dari sungai dimana lokasi PLTMH akan dibangun. Dengan kata lain harus diketahui keadaan hidrologi serta daerah tangkapan tempat air tersebut. Maksud dari pemantauan daerah tangkapan air ini adalah untuk mengetahui luas wilayah daerah aliran air dan tangkapan air guna memberikan informasi karakteristik aliran sungai. Pemantauan ini didasarkan pada ramalan-ramalan dari data terdahulu dan masukan atau wawancara dengan penduduk setempat yang tinggal disekitar sungai/lokasi.



**Gambar. 3.1** Saluran tangkapan air dan teknik penyaluran air pada PLTMH yang direncanakan.

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa aliran sungai Aih Tilis yang dialihkan sebagian kerencana pengalihan serta pengambilan air untuk PLTMH.

3.5 Data Perekonomian Penduduk dan Beban

Desa Tingkem Kecamatan Kuta Panjang merupakan daerah perkebunan dan persawahan serta termasuk daerah Taman Nasional Gunung Leuser. Berdsarkan hasil wawancara dengan masyarakat setempat diperoleh informasi bahwa adanya minat penduduk terhadap tersedianya energi listrik tersebut. Adapun jumlah Kepala Keluarga (KK) Desa Tingkem adalah 48 KK dengan persentase mata pencaharian penduduk adalah sebagai:

- Petani = 93 %
- Pedagang = 5 %
- Lain-lain = 2 %

Dengan pendapatan rata-rata penduduk yaitu Rp.300.000/bulan.

Untuk menghitung kebutuhan energi listrik pada tahun mendatang yang berdasarkan perkembangan penduduk dapat dinyatakan dengan rumus:

$$P = (100\% + b\%)^{n-1} \cdot P_{pakai} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana

- b = Persentase besarnya perkembangan penduduk.
- n = jumlah tahun mendatang

4. ANALISIS SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

4.1 Potensi Sungai Aih Tilis

Dari hasil pengukuran di lapangan diperoleh debit total  $Q_t = 0,95 \text{ m}^3/\text{det}$  dan debit air (Q) pada saluran pembelokan =  $0,38 \text{ m}^3/\text{det}$  dengan Tinggi terjun (H) yang didapat adalah = 7,5 meter.

Untuk menghitung potensi tenaga air dalam besaran tenaga kuda (hp) yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin dapat dihitung dengan Persamaan (5).

$$P = 9,8 \times Q \times H \text{ (kW)}$$

Jadi potensi daya air yang tersedia dengan perbedaan ketinggian yang ada di Desa Tingkem adalah sebesar

$$P = 9,8 \times 0,95 \times 7,5 = 69,82 \text{ kW}$$

Dalam perencanaan ini akan dibangun satu unit turbin air yang mampu menggerakkan generator dengan daya output sebesar 25 kW.

Jadi besar daya input yang ada pada PLTMH Tingkem adalah

$$P_{input} = 9,8 \times 0,38 \times 7,5 = 27,93 \text{ kW}$$

Daya input adalah daya yang masuk ke dalam sistem pembangkit.

4.2 Turbin

Apabila turbin dan generator digabungkan maka rata-rata kecepatan dari turbin sama dengan kecepatan generator, jadi kecepatan turbin yang direncanakan sesuai dengan kecepatan generator yang direncanakan. Untuk mengetahui daya turbin dapat digunakan rumus pada persamaan (6).yaitu:

$$N_t = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_e \cdot \eta_t}{75}$$

Maka:

$$N_t = \frac{1000 \cdot 0,38 \cdot 7,5 \cdot 0,85}{75}$$

$$= 32,3 \text{ HP}$$

Tabe 4.1. Pemilihan jenis turbin untuk PLTMH

Tinggi Air (M)	Debit m <sup>3</sup> /detik	Kapasitas (kW)	Jenis Turbin
0.5–10	-	-	Simple wood and metal wheel
0.5– 2	0.05 – 8	-	Scheider Hydro Engine
2 – 50	3 – 20	-	Axial Flow
2 – 15	1.5 – 40	50–5000	a. Straflo
1.25 - 25	3 – 25	150-3500	b. Turbular
			c. Bulb
1 – 70	3 – 40	-	Kaplan
8 – 300	0.3 – 20	500-5000	Francis
45 – 300	1 – 8	-	Turgo
1 – 200	0.03 – 9	50–1000	Cross Flow, Banki, Mitchel or Obserger
45 - 1000	0.06 – 3	100-5000	Pelton

Sumber : (Kudip, 2002)

Adapun spesifikasi turbin yang direncanakan untuk PLTMH Tingkem adalah sebagai berikut:

- Jenis/tipe : Impuls / Cross Flow
- Putaran : 500 rpm
- Daya : 32,3 HP
- Tinggi jatuh : 7,5 m
- Kapasitas aliran : 0,38 m<sup>3</sup>/det



### 4.3 Generator

Generator Sinkron adalah suatu jenis generator listrik yang berputar dengan kecepatan sinkron yang putaran generator ditentukan oleh jumlah kutub yang terpasang pada generator dan besarnya frekuensi yang diinginkan, putaran generator sinkron dapat ditentukan dengan rumus:

$$N = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

- N = Putaran generator
- f = Frekuensi listrik yang diinginkan
- p = Jumlah kutub

Jadi

$$N = \frac{120.50}{4}$$

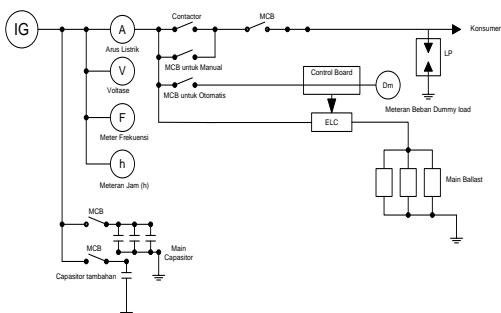
$$= 1500 \text{ rpm}$$

Maka pada PLTMH Tingkem generator yang direncanakan adalah generator sinkron dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Generator : Sinkron
- Kapasitas : 25 kW
- Putaran : 1500 rpm
- Jumlah fasa : 1 fasa
- Tegangan : 220 V
- Frekuensi : 50 Hz
- Kutub : 4 kutub

### 4.4 Distribusi

Adapun one line diagram yang direncanakan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** One Line Diagram PLTMH Tingkem

### 4.5 Prakiraan Beban

Untuk memperkirakan jumlah beban yang dilayani oleh PLTMH di desa tersebut adalah sebagai berikut.

- Penerangan rumah penduduk.
  - ✓ Kamar tidur 2 buah @ 25 watt = 50 watt.
  - ✓ Kamar tamu = 50 watt.
  - ✓ Dapur = 50 watt.
  - ✓ Kamar mandi/WC = 25 watt.
  - ✓ Penerangan luar/teras = 50 watt.
  - ✓ TV/tape, lain-lain = 175 watt.
  - Jumlah = 400 watt.

Maka jumlah beban untuk penerangan rumah penduduk adalah.

$$P = 400 \times 48 = 19,200 \text{ W}$$

$$P = 19,2 \text{ kW}$$

- Penerangan jalan sebanyak 20 tiang @ 40 watt
- P = 20 X 40 = 800 watt.

Jadi jumlah daya keseluruhan yang digunakan oleh konsumen adalah

$$P = 19.200 + 800$$

$$P = 20 \text{ kW}$$

Adapun besarnya beban puncak/maksimum yang digunakan oleh warga tersebut adalah sebesar 20 kW. Dengan memperhatikan tingkat perkembangan penduduk sebesar 4%/tahun maka perencanaan sebuah PLTMH untuk 6 tahun mendatang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Daya} = (100\% + 4\%)^{6-1} \cdot 20.000 \text{ watt}$$

$$= 25,3 \text{ kW}$$

maka dalam perencanaan ini keperluan energi listrik untuk 6 tahun mendatang diambil sebesar 25 kW.

## 5 KESIMPULAN

Dari penjelasan dan hasil analisa di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Potensi air yang ada pada sungai waih tingkem di desa Tingkem adalah sebesar 0,93 m<sup>3</sup>/det maka sangat memungkinkan untuk membuat suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
2. Debit air sebesar 0.38 m<sup>3</sup>/det digunakan untuk pembangkit dengan ketinggian 7,5 m maka menghasilkan daya sebesar 27,93 kW. Dengan demikian maka PLTMH Tingkem mampu melayani kebutuhan daya kekonsumen.

## 6 REFERENSI

- Dandekar, MM dan Sharma, KN 1991, '*Pembangkit Listrik Tenaga Air*', Universitas Indonesia, UI-Press, Jakarta.
- Dametew, A. W.: Design and analysis of small hydro power for rural electrification. *Global Journal of Research in Engineering* (2016).
- Dinas Pertambangan dan Energi 1999, '*Diktat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*', Banda Aceh.
- Kadir, A 1987, '*Energi*', UI-Press, Jakarta.
- Lister, 1993, '*Mesin dan Rangkaian Listrik*', Erlangga, Jakarta.
- Musyawir, 1989, '*Perencanaan Turbin Air Low Speed*', Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- '*Pedoman Umum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*', 2001, Jakarta.
- Patty, OF 1995, '*Tenaga Air*', Erlangga, Jakarta.
- Venus, T. E., Hinzmann, M., Bakken, T. H., Gerdes, H., Godinho, F. N., Hansen, B., Sauer, J.: The public's perception of run-of-the-river hydropower across Europe. *Energy Policy*, 140 (2020).
- Yahya, J 1984, '*Perencanaan Turbin Air Penggerak Generator Listrik*', Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

## ANALISA STRUKTUR MIKRO MATERIAL KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT SERBUK CANGKANG KERANG

Ahmad Nayan<sup>1\*</sup>, Teuku Hafli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh

\*Corresponding Author: nayan@unimal.ac.id, +62 89654341933

**Abstract** – Material komposit karena keunikannya yang memiliki sifat mekanik dan sifat fisik berbanding terbalik dengan material logam menjadi daya tarik tersendiri bagi para peneliti untuk menemukan komposisi yang sesuai gabungan beberapa material. Sifat mekanik yang paling menonjol dari material komposit polimer adalah memiliki kekuatan yang lebih besar dari material logam tapi memiliki bobot berat yang lebih ringan. Penggunaan material alami sebagai penguat semakin banyak dilakukan penelitian untuk menghindari penggunaan bahan sintesis yang bersifat tidak dapat perbaharui seperti serat gelas. Cangkang kerang yang memiliki sifat keras dan ringan merupakan salah satu alternatif penguat pada bahan komposit. Penelitian ini menggunakan partikel cangkang kerang sebagai penguat material komposit dengan variasi fraksi volume 20%, dan 40% untuk menganalisa bentuk mikro struktur yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik. Spesimen dipersiapkan dengan menggunakan metode pencampuran manual. Spesimen untuk pengujian uji tarik merujuk pada standar ASTM D638–02 bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik komposit partikel cangkang kerang dan mengetahui bentuk patahan struktur mikro material komposit melalui pengujian morfologi SEM (Scanning Electron Microscope). Hasil dari pengujian kekuatan tarik pada fraksi volume 40% dengan nilai rata-rata sebesar 103 MPa, dengan regangan tarik 0,69%, sementara pada  $V_f = 20\%$  rata-rata dengan nilai sebesar 102,57 MPa, regangan tarik sebesar 0,62%. Berdasarkan hasil pengamatan morfologi patahan dengan menggunakan SEM. Menunjukkan hasil patahan yang terbagus terdapat pada komposit dengan ukuran pengisi 200 Mesh dan komposisi pengisi 40%.

**Keywords:** *Komposit, Cangkang Kerang, SEM, Sifat Mekanik, komposit alam*

### 1 Pendahuluan

Keunggulan material komposit dibandingkan dengan material konvensional adalah sifat mekanik yang berlawanan dengan material logam. Memiliki bobot yang lebih ringan dan kekuatan yang lebih besar menjadikan material komposit sangat banyak diaplikasikan diberbagai bidang. Komponen penguat dari komposit polimer terus berkembang dan menjadi sangat menarik perhatian para peneliti untuk penggunaan yang spesifik. Keistimewaan lain dari material komposit adalah material penguat yang umumnya berupa serat gelas atau serat karbon dapat diganti dengan bahan alternatif lainnya termasuk bahan yang terdapat di alam seperti serat pohon pisang, serat batang nanas, sabut kelapa dan serat alami lainnya. Untuk penguat jenis partikel penggunaan serbuk cangkang kerang mulai menarik

perhatian peneliti untuk melihat potensi yang bisa dikembangkan untuk aplikasi tertentu.

Jumlah rata – rata produksi kerang oleh nelayan di pesisir Kota Langsa mencapai 76kg/bulan [1] yang dimana jumlah produksi sebanyak ini menghasilkan limbah dari cangkang kerang. Pemanfaatan cangkang kerang sebagai bahan alternatif penguat material komposit polimer diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit tersebut sifat fisik cangkang kerang yang keras dan ringan. Resin ini memiliki keunggulan tahan terhadap air dan suhu normal sehingga resin ini sangat banyak di gunakan di bidang perkapalan di Indonesia. Resin polyester BQTN 157-EX ini tergolong mudah di cari di toko kimia di kawasan Indonesia dan tidak disitupula resin ini juga tergolong sangat murah maka dari itu penulis mengangkat judul yang bermatriks kan resin polyester BQTN 157-EX guna meminimalisir biaya penelitian.

Addriyanus [2] telah melakukan penelitian guna untuk mengetahui pengaruh komposisi dan ukuran serbuk kulit kerang terhadap nilai dari kekuatan tarik pada material komposit dengan matrik resin epoxy-PS. Kekuatan tarik maksimum yang diperoleh yaitu 5,50 Mpa dengan komposisi 30% partikel kerang dan ukuran 200 mesh.

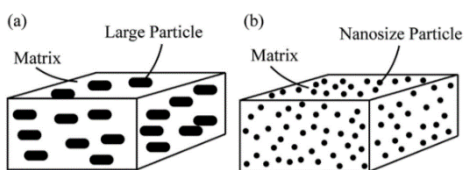
Ginting [3] menemukan komposisi 30% partikel kerang merah (Anadara Granosa) sebagai penguat pada pembuatan papan partikel dengan kekuatan tarik 40.941 Mpa. Ahmad [4] memanfaatkan cangkang kerang simping (placuna placenta) sebagai filler pada pembuatan papan mendapatkan hasil pengujian ketangguhan tarik 1,462 Mpa, modulus young 105,5 MPa dan ketangguhan lentur 132,8Mpa.

## 2 Definisi Komposit

Komposit merupakan material yang terdiri dari gabungan dua atau lebih material yang membawa sifat fisik dan mekanik masing-masing bersungsi untuk saling berkontribusi dalam meningkatkan sifat material komposit. Keunggulan material komposit antara lain kemampuan mengatur kekuatan sesuai dengan kebutuhan penggunaannya melalui pengaturan bentuk atau jenis pengikatnya, secara detail Indara dan Hasrin [5] telah menjelaskan keunggulan material komposit.

### 2.1 Komposit berpenguat partikel

Komposit partikel ialah merupakan suatu bahan penguat yang terdiri dari gabungan partikel dengan matriks. Bahan partikel ini tidak memiliki dimensi panjang namun partikel memiliki dimensi ber bentuk apapun seperti pada umumnya ialah berbentuk bola, elips, polihedral, dan serta tidak beraturan.



Gambar 1 Struktur komposit partikel [6]

Pada umumnya komposit berpenguat partikel lebih lemah dibandingkan komposit berpenguat serat, namun komposit partikel memiliki keunggulan seperti tahan aus, tidak mudah retak, dan memiliki daya rekat dengan matrik yang sangat cukup baik. Komposit partikel dibedakan dalam tiga jenis berdasarkan sumber partikelnya yaitu partikel logam, partikel non-logam, dan partikel keramik [5].

### 2.2 Komposit berpenguat serat

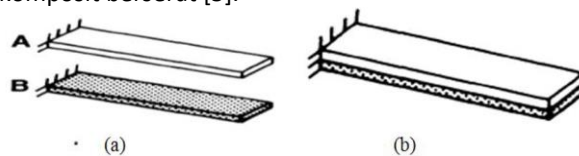
Komposit berpenguat serat merupakan jenis komposit yang sudah umum terdapat baik dikalangan industri maupun dikalangan peneliti. Jenis serat yang digunakan tergantung dari pemanfaatan material komposit, untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan yang tinggi jenis serat karbon adalah pilihan yang paling sesuai, untuk kebutuhan dengan kekuatan menengah serat e-glass banyak diaplikasikan oleh kalangan industri. Belakangan peneliti banyak memanfaatkan serat alam untuk penggunaan yang lebih sederhana untuk menggantikan material kayu dimana ketersediaannya semakin langka.

### 2.3 Komposit Struktural

Komposit struktural merupakan suatu komposit yang dipadukan antara dua bahkan lebih lapisan yang terikat bersamaan. Komposit struktural terbagi menjadi dua bagian yaitu, komposit laminasi dan komposit sandwich.

#### a. Laminasi

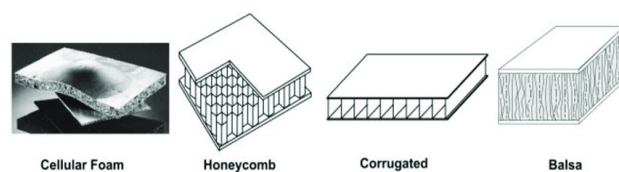
Komposit yang satu ini merupakan hasil gabungan dari dua bahkan lebih lapisan. Lapisan ini dapat menghasilkan sifat komposit yang bermacam – macam dari segi kekuatan, keausan, ketahanan korosi, ketahanan aus, keindahan dan daya tarik, isolasi termal insulasi akustik, dan lainnya. Adapun contoh dari komposit ini ialah: bimetal, clad bimetal, kaca laminasi, plastic-based laminates dan laminasi material komposit berserat [5].



Gambar 2 Komposit struktural laminasi a. Material A dan B, b. Laminasi Material

#### b. Sandwich

Sandwich merupakan komposit yang yang terdiri dari tiga susunan bagian lapisan yaitu flat composite (metal sheet), kulit permukaan (skin), dan material inti (core). [7]. Berbeda dengan laminasi, komposit sandwich memiliki daya lentur yang cukup baik dan kekakuan yang juga cukup baik. Tidak heran pengaplikasian komposit sandwich ini banyak di terapkan di bidang penerbangan.



Gambar 3 Komposit struktural sandwich

## 2.4 Matriks

Matriks ialah merupakan salah satu bahan pengikat suatu komposit guna mempertahankan kekuatan penyebaran retakan, tekanan, tarikan, maupun suatu kondisi lingkungan dari suatu medianya. Berdasarkan dari kegunaan, matriks komposit dapat di kelompokkan sebagai berikut:

Matriks Polimer ialah merupakan suatu senyawa kimia yang terdiri dari molekul besar yang tersusun secara berulang antara molekul molekul kecil yang saling berikatan. Secara garis besar, polimer memiliki sifat yang dimana sifat nya mewakili jenis polimer itu sendiri yang di antara lainnya ialah sebagai berikut:

### a. Thermoplastic

Termoplastik ialah sebuah polimer yang banyak di aplikasikan di per industri, dikarna Kan sifat nya yang tidak tahan panas dan dapat mudah di bentuk sehingga menghemat biaya produksi dari suatu industri. Keunggulan lain nya yang terdapat dari termoplastik ialah dapat di gunakan berkali kali atau bisa di sebut juga sistem daur ulang yang dimana termoplastik akan dipanaskan kembali sehingga menjadi suatu produk atau alat bantu rumah tangga maupun kebutuhan hidup. Jenis-jenis termoplastik yang dapat digunakan adalah Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Polyethylene (PE), dan lain – lain [5]

### b. Thermoset

Termoset adalah sebuah polimer yang memiliki sifat tahan panas yang baik dari pada termoplastik. Berbeda dengan termoplastik, termoset ini sendiri tidak dapat di daur ulang dikarna jenis polimer ini jika terkena udara akan langsung mengeras secara alami dan jika di panas kan melebihi suhu tertentu polimer ini akan langsung menjadi arang.

## 2.5 Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Kerang darah adalah spesies hewan biota laut yang hidup lumpur maupun di pasir di lautan. Kerang darah (*anadara granosa*) merupakan hewan yang memiliki dua cangkang keras sebagai rumah dan tempat berlingung diri. Cangkang kerang darah memiliki 3 lapisan yaitu, periostrakum yang merupakan lapisan terluar yang berfungsi sebagai pelindung, prismatic ialah merupakan lapisan yang tersusun dari kristal-kristal kapur, nakreas atau lapisan induk mutiara adalah lapisan karbonat yang tipis dan paralel [8]. Kerang darah banyak terdapat di kawasan indo-Pasifik yang besebar dari kawasan pantai afrika timur. Kerang darah sangat banyak di gemari di Indonesia sebagai makanan kuliner dan makanan cepat saji dan bahkan makanan pokok.

Berikut ini adalah gambar dari cangkang kerang darah yang sering di konsumsi di Indonesia



Gambar 4 Kerang darah (*Anadara Granosa*) [8]

Adapun beberapa unsur – unsur dari komposisi cangkang kerang darah ini ialah sebagai berikut:

Table 1 Komposisi serbuk kerang darah [2]

Komponen kimia	Komposisi (%)
CaO	66,70
SiO <sub>2</sub>	7,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
MgO	22,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25

Bedasarkan data komposisi dari serbuk cangkang kerang darah di atas menunjukkan bahwa kulit kerang yang mengandung kalsium oksida (CaO) dan magnesium oksida (MgO) yang cukup tinggi ini dapat membuat cangkang kerang darah menjadi pengisi dari sebuah komposit [2]

## 2.6 Polyester YUKALAC 157 BQTN-EX

Polyester adalah merupakan suatu matriks polimer termoset tak jenuh yang sering di gunakan di industri perkapalan terutama jenis yukalac 157 BQTN – EX. Secara umum resin polyester merupakan resin cair yang memiliki viskositas yang relatif rendah dan dapat mengeras pada suhu kamar dengan bantuan campuran katalis. Berikut ini merupakan tabel sifat resin tak jenuh :

Table 2 Sifat resin polyester YUKALAC 157 BQTN-EX

Specific Gravity (25°C)	1.10 ± 0.02
Viskositas (Poise, at 25°C)	4.5 – 5.0
Thixotropic Index	More than 1.5
Gel Time (minutes, at 30°C)	20 – 30
Curing Condition	+ MEKPO = 1 part
Storage life at 25°C in the dark (months)	Less than 6
Flash Point Range, °C	26 – 27

## 2.7 Fraksi Volume

Fraksi volume (%) merupakan suatu aturan perbandingan dari suatu campuran yang dimana serat atau serbuk dan matrik bahan pembentuk komposit terhadap volume total komposit. Pada umumnya penggunaan fraksi volume biasanya mengacu pada jumlah presentase (%) dari volume bahan penguat atau disebut reinforcement yang digunakan dalam pembuatan komposit tersebut.

Untuk mengetahui dan menentukan komposisi suatu campuran fraksi volume (%) di dalam suatu komposit, maka dibutuhkan perhitungan komposisi dan massa masing – masing komposit berpenguat serat atau serbuk partikel itu sendiri. Tujuan dari perhitungan fraksi volume ini adalah untuk mempermudah dalam hal melakukan pembagian persentase volume dan massa dalam campuran bahan dan serta mendapatkan nilai campuran serat atau serbuk partikel dengan matrik yang memberikan hasil yang terbaik. Fraksi volume dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut ini :

Fraksi volume serat :

$$V_f = V_{serat} \% \times V_{cetak} \quad (1)$$

$$M_f = \rho_f \times v_f \quad (2)$$

$$V_m = V_m \% \times V_{cetak} \quad (3)$$

$$V_{katalis} = \frac{1}{100} \times V_m \quad (4)$$

Volume Cetakan

$$p \times l \times t \quad (5)$$

Keterangan:

$$V_f = \text{Volume Serat (cm}^3\text{)}$$

$$V_{serat} \% = \text{Volume Serat \%}$$

$$V_{cetak} = \text{Volume Cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$M_f = \text{Massa Serat (gr)}$$

$$\rho_f = \text{Massa Jenis Serat (gr/cm}^3\text{)}$$

$$V_m = \text{Volume Resin (cm}^3\text{)}$$

$$V_m \% = \text{Volume Resin (\%)}$$

$$V_{katalis} = \text{Volume Katalis (cm}^3\text{)}$$

$$p = \text{panjang}$$

$$l = \text{lebar}$$

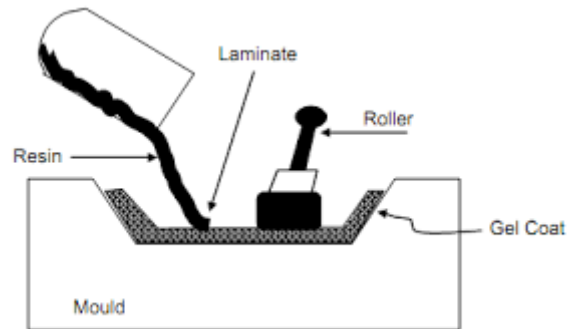
$$t = \text{tinggi}$$

## 3 Persiapan Spesimen dan Pengujian

### 3.1 Proses Manufaktur Komposit

Secara umum metoda pembuatan material komposit polimer terbagi dua berdasarkan bentuk cetaknya yaitu close molding dan open molding. Untuk pembuatan spesimen komposit berpenguat serbuk kerang merah metode cetakan terbuka dengan sistem terbuka atau yang lebih dikenal dengan istilah hand lay up. Hand lay up ini merupakan metode proses pencetakan komposit terbuka yang paling sederhana dari pencetakan terbuka pabrikasi lainnya. Proses

pembuatan komposit dengan metode ini dilakukan pada suhu ruangan yang dimana resin di tuangkan pada cetakan yang telah di susun sedemikian rupa dan memberi tekanan sekaligus meratakan resin dengan baha penguatnya dengan menggunakan kuas atau pun rol. Pengaplikasian pada proses pencetakan menggunakan metode hand lay-up ini biasanya di gunakan pada komponen yang besar seperti, pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, serta perahu [1]. Resin yang paling cocok digunakan kebanyakan pada metode hand lay up ini adalah seperti polyester, dan epoksi. Pada Gambar 5 menunjukkan secara skematik metode hand lay up



Gambar 5 Metode Hand Lay Up Pembuatan komposit

### 3.2 Ukuran Partikel

Variasi yang digunakan pada percobaan penelitian ini ialah variasi dalam bentuk makro partikel yang berbahan serbuk cangkang kerang darah. Ukuran partikel yang dimaksud didalam ukuran mikron ialah dengan kirsan angka  $1 \times 10^{-7}$  sampai  $1 \times 10^{-4}$  m, yang berkisaran juga antara 0,1 sampai dengan 100 mikron (Tantra, 2015:20) dan sedangkan ukuran yang di bawah 0,1 mikron sudah dapat disebut ukuran nano partikel, dan ukuran partikel yang sudah di atas 100 mikron maka ukuran partikel tersebut sudah merupakan jenis partikel makro (Tantra, 2015:20). Pada penelitian kali ini satuan yang akan di gunakan adalah satuan mesh. Ukuran partikel yang digunakan sebesar 200 mesh.

### 3.3 SEM (Scanning Electron Microscope)

Scanning Electron Microscope (SEM) ialah merupakan sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk guna mengamati permukaan suatu objek yang solid secara langsung. Pada dasarnya SEM memiliki pembesaran yaitu 10 – 3.000.000 kali, depth of field 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm, kombinasi dari pembesaran yang sangat tinggi, depth of field yang sangat besar, resolusi yang sangat baik, kemampuan untuk mengetahui dari komposisi dan kristalografi yang membuat SEM ini banyak di gunakan di kalangan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011)

Adapun prinsip kerja SEM ialah sebagai berikut ini:

Electron gun menghasilkan electron beam dari filamen. Pada umumnya electron gun yang sering digunakan ialah tungsten hairpin gun dengan filamen lilitan tungsten yang berfungsi tidak lain sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Kemudian

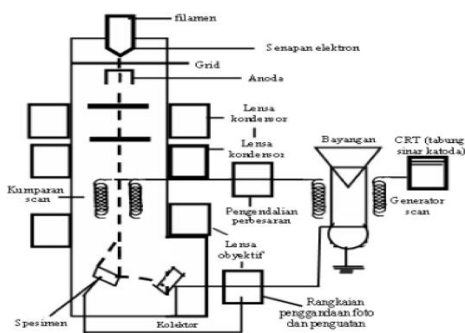
anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron yang melaju menuju anoda. Lensa magnetik berfungsi untuk memfokuskan elektron yang menuju suatu titik pada permukaan sampel.

Sinar elektron yang berguna untuk memfokuskan memindai (scan) keseluruhan sampel dengan di arahkan oleh koil pemindah

Ketikan electron mengenai sampel, maka dari itu akan terjadi hamburan elektron, baik itu Scondary Electron (SE) atau Back Scattered Electron (BSE) dari permukaan sampel yang kan di deteksi oleh detektor dan akan di munculkan oleh gambar pada monitor CRT

### 3.4 Uji Tarik (Tensile Test)

Uji tarik merupakan suatu pengujian yang fungsinya untuk mengetahui suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan sesuatu bahan tegangan tertentu serta pertambahan panjang dari bahan material tersebut. Alat uji tarik (Tensile Test) memiliki dua cengkraman yang berfungsi untuk menjepit bahan material agar dapat di tarik dan salah satu ujung nya di hubungkan dengan perangkat penegang agar dapat mengetahui hasil dari kekuatan tarik dan regangan melalui diagram pada Gambar 7



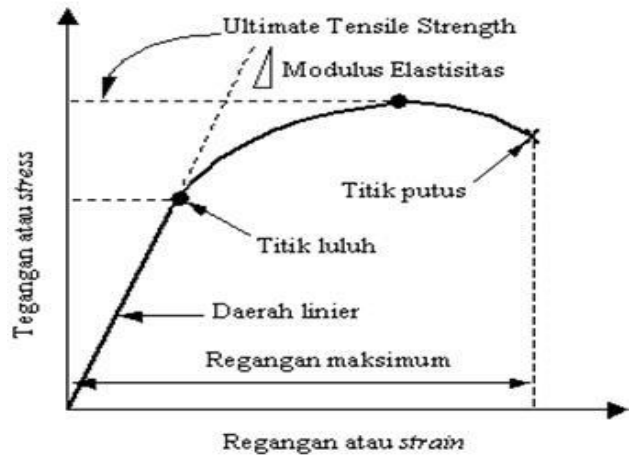
Gambar 6 Skema dasar SEM (Prasetyo, 2011)

### 3.4 Uji Tarik (Tensile Test)

Uji tarik merupakan suatu pengujian yang fungsinya untuk mengetahui suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan sesuatu bahan tegangan tertentu serta pertambahan panjang dari bahan material tersebut. Alat uji tarik (Tensile Test) memiliki dua cengkraman yang berfungsi untuk menjepit bahan material agar dapat di tarik dan salah

satu ujung nya di hubungkan dengan perangkat penegang agar dapat mengetahui hasil dari kekuatan tarik dan regangan melalui diagram pada Gambar 7

Alat uji tarik ini sendiri juga harus memiliki daya cengkram yang sangat kuat dan kekakuan yang tinggi (Highly stiff) dan pengujian juga dilakuan agar dapat mengngetahui sifat mekanis suatu bahan material. Pengujian tarik dapat dilihat Gambar 8 sebagai berikut (Hendrike, 2017).



Gambar 7 Diagram tegangan dan regangan



Gambar 8 Alat uji tarik (Tensile test)

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Pengujian Tarik

Hasil pengujian komposit berpenguat partikel cangkang kerang merah berdasarkan standart ASTM D 638 – 02, dengan masing – masing fraksi volume 0%, 20%, 30%, dan 40% partikel cangkang kerang dengan tegangan tarik dan regangan diperoleh hasil sebagaimana yang ditunjukkan pada

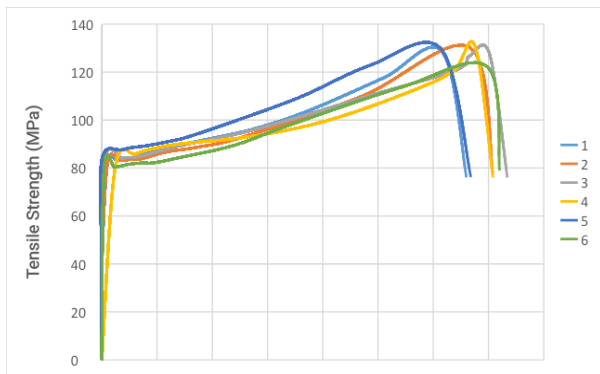
Table 3

Table 3 Data Hasil Pengujian Tarik

Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Max Force (kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
1	65.00	852.00	13,11	128,58	0,60
2	65.00	864,00	13,29	130,39	0,96
3	65.00	845,00	13,00	127,53	1,04

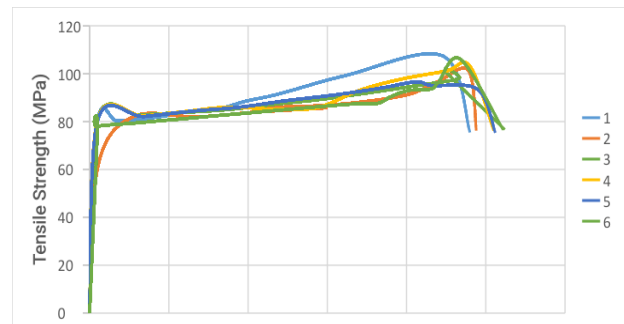
4	65.00	866,00	13,32	130,69	1,21
5	65.00	860,00	13,23	129,79	0,72
6	65.00	810,00	12,46	122,24	1,03
Rata-rata	65.00	849,50	13,06	128,20	0,80

Dari hasil data uji tarik resin BQTN 157 – Ex yang dimana telah dilakukan pengujian dengan enam spesimen uji dengan fraksi volume 0% cangkang kerang darah. Dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik terbesar ialah terdapat pada spesimen uji nomer 4 dengan nilai kekuatan tarik 130,69 MPa dan memiliki elongation 1,21%. kekuatan tarik terendah dapat dilihat pada spesimen uji dengan nomer 6 yang dimana memiliki kekuatan tarik sebesar 122,24 MPa dan memiliki elongation 1,03%. Jumlah nilai rata-rata kekuatan tarik komposit partikel cangkang kerang darah memiliki nilai sebesar 128,20 MPa. Berikut ialah kurva yang menunjukkan nilai tegangan tarik.



Gambar 9. Kurva hubungan tegangan tarik dengan fraksi volume 0% partikel cangkang kerang

Dari hasil data uji tarik komposit partikel cangkang kerang darah yang dimana telah dilakukan pengujian dengan enam spesimen uji dengan fraksi volume 20%. Dapat di ketahui bahwa nilai kekuatan tarik terbesar ialah terdapat pada spesimen uji nomer 1 dengan nilai kekuatan tarik 107,45 MPa dan memiliki elongation 0,59%. kekuatan tarik terendah dapat dilihat pada spesimen uji dengan nomer 5 yang dimana memiliki kekuatan tarik sebesar 96,59MPa dan memiliki elongation 0,79%. Jumlah nilai rata-rata kekuatan tarik komposit partikel cangkang kerang darah memiliki nilai sebesar 102,57 MPa. Berikut ialah kurva yang menunjukkan nilai tegangan tarik



Gambar 10. Kurva hubungan tegangan tarik dengan fraksi volume 20% partikel cangkang kerang

Table 4. Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Partikel Cangkang Kerang Darah dengan variasi fraksi volume 20%

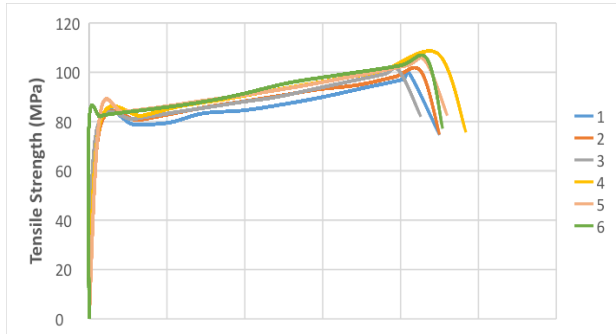
Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Max Force (kgf)	Force (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
1	65.00	712,00	10,95	107,45	0,59
2	65.00	672,00	10,34	101,42	0,66
3	65.00	667,00	10,26	100,66	0,60
4	65.00	684,00	10,52	103,23	0,60
5	65,00	640,00	9,85	96,59	0,79
6	65,00	703,00	10,82	106,09	0,48
Rata-rata	65.00	679,66	8,73	102,57	0,62

Table 5. Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Partikel Cangkang Kerang Darah dengan variasi fraksi volume 40%

Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Max Force (kgf)	Force (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
1	65.00	657.00	10.10	99,64	0,90
2	65.00	666.00	10.25	100,51	0,66
3	65.00	667.00	10.26	100,66	0,72
4	65.00	713.00	10.97	107,60	0,60



5	65,00	693,00	10,66	104,58	0,60
6	65,00	699,00	10,75	105,49	0,67
Rata-rata	65.00	687,16	10,50	103,00	0,69

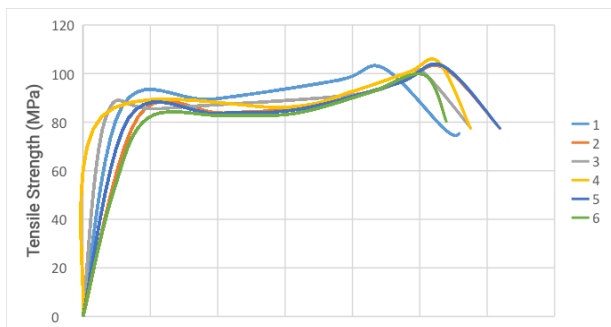


Gambar 11 Kurva hubungan tegangan tarik dengan fraksi volume 40% partikel cangkang kerang

Berdasarkan hasil pengujian tarik dengan fraksi volume 40%, partikel cangkang kerang darah di dapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi dengan spesimen nomer 4 yang memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 107,60 MPa dan dengan elongation 0,60%. sedang kan untuk kekuatan tarik terendah pada variasi komposit 40% ini terdapat pada spesimen nomer 1 dengan nilai sebesar 99,64 dengan elongation 0,90%. Jumlah nilai rata-rata kekuatan tarik komposit partikel cangkang kerang darah dengan variasi 40% memiliki nilai sebesar 103,00 MPa. Berikut ini merupakan bentuk kurva dari hubungan tarik partikel cangkang kerang darah dengan variasi fraksi volume 40%.

Table 6.Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Partikel Cangkang Kerang Darah dengan variasi fraksi volume 40% Dengan 160 Mesh

Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Max Force (kgf)	Tensile Strength		Elongation (%)
			(Kgf/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	
1	65.00	678,00	10,43	102,32	0,60
2	65.00	684,00	10,46	103,23	0,66
3	65.00	666,00	10,25	100,51	0,79
4	65.00	694,00	10,68	104,74	0,79
5	65,00	684,00	10,52	103,23	0,90
6	65,00	660,00	10,15	99,60	0,72
Rata-rata	65.00	667,66	10,41	102,27	0,74



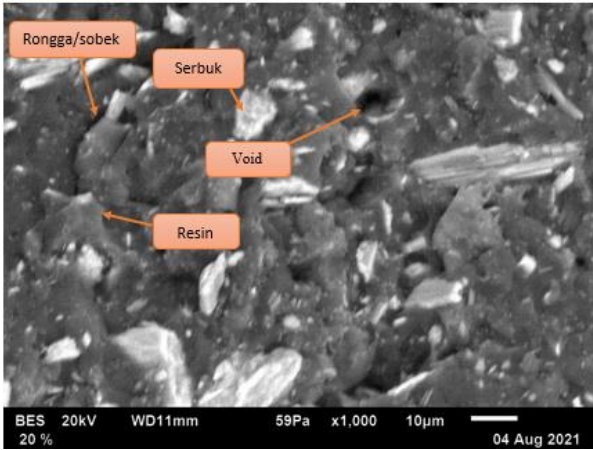
Gambar 12 Kurva hubungan tegangan tarik dengan fraksi volume 40% dengan 160 mesh partikel cangkang kerang.

Berdasarkan hasil pengujian tarik dengan fraksi volume 40% dengan 160 mesh, partikel cangkang kerang darah di dapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi dengan spesimen nomer 4 yang memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 104,74 MPa dan dengan elongation 0,79%. sedang kan untuk kekuatan tarik terendah pada variasi komposit 40% ini terdapat pada spesimen nomer 6 dengan nilai sebesar 99,60 dengan elongation 0,72%. Jumlah nilai rata-rata kekuatan tarik komposit partikel cangkang kerang darah

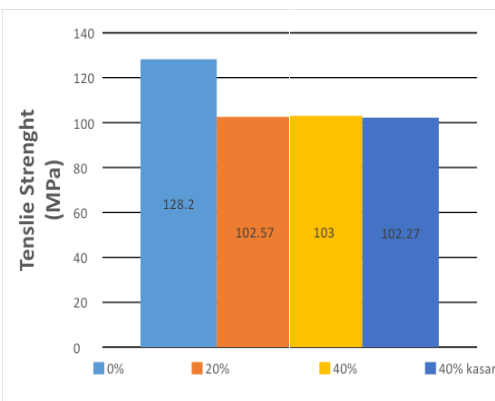
dengan variasi 40% memiliki nilai sebesar 102,27 MPa. Berikut ini merupakan bentuk kurva dari hubungan tarik partikel cangkang kerang darah dengan variasi fraksi volume 40% dengan 160 mesh.

Berdasarkan hasil pengujian dari enam spesimen masing masing untuk fraksi volume 0%, 20%, dan 40% terdapat adanya kekuatan tarik yang memiliki nilai berbeda-beda sesuai dengan fraksi volume komposit yang telah di uji. Kekuatan tarik sangat di pengaruhi oleh komposisi pengisi dan ukuran partikel/serbuk cangkang kerang darah, dengan ukuran 160 dan 200 mesh pada ayakan yang dimana telah di uji dengan fraksi volume yang sama yakni 40% partikel cangkang kerang darah, dapat menghasilkan nilai kekuatan tarik yang berbeda. Kekuatan tarik pada komposit cenderung mengalami penurunan berdasarkan hasil yang telah di uji dengan faksi volume 0% cangkang kerang, namun di antara fraksi volume 20% sampai 40% dan sedang kan pada fraksi volume 40% mengalami penurunan nilai kekuatan tarik. Pada **Error! Reference source not found.** dapat dilihat bahwa komposit partikel cangkang kerang darah dengan fraksi volume 20% memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi

yaitu mencapai 107,45 MPa pada spesimen nomer 1, dan untuk fraksi volume komposit 40% di dapatkan hasil kekuatan tarik dengan nilai tertinggi mencapai 107,60 MPa pada spesimen nomer 4, dan sedangkan kan untuk fraksi volume 40% dengan ukuran 160 mesh memiliki nilai kekuatan tarik terbesar yakni 104,74 MPa pada spesimen nomer 4 . Berikut ialah grafik hubungan kekuatan tarik rata-rata komposit partikel cangkang kerang darah.



Gambar 13 Hasil pengujian SEM dengan fraksi volume 20% cangkang kerang darah



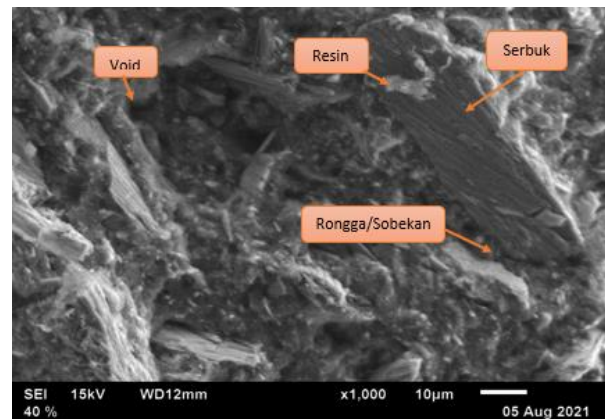
Gambar 14 Grafik nilai rata-rata kekuatan tarik komposit fraksi volume 20%, dan 40%

#### 4.2 Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

Pada pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang di lakukan di Laboratorium Pengujian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) ini bertujuan untuk melihat gambaran struktur morfologi dari patahan hasil uji tarik yang di lakukan sebelum nya. Pengujian ini di lakukan karna hasil dari pembesaran skala pengujian ini lebih besar dan lebih jelas dibandingkan dengan foto makro maupun mikro. Untuk hasil pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 15:

Pada Gambar 13 diatas ialah merupakan hasil pengujian morfologi SEM dari hasil patahan uji tarik dengan fraksi volume 20% yang menunjukkan bahwa ikatan antara serbuk cangkang kerang dengan resin hanya saling

mengisi satu sama lain. Diantara perbatasan resin dengan serbuk terdapat pula garis hitam yang menunjukkan rongga/sobekan dimana bisa asumsikan bahwa titik awal mula nya patahan berawal dari situ. Ketidak mampuan resin dalam mengikat serbuk mengakibatkan komposit menjadi lemah dan pada Gambar 13 menunjukkan pula void yang terdapat pada komposit. Ini terjadi di karnakan pada saat komposit di cetak atau di tempa tidak adanya pembebanan yang cukup kuat untuk menekan komposit agar menyatu sempurna. Faktor lainnya ialah di karnakan saat pengadukan resin dengan serbuk di lakukan secara cepat atau terburu-buru. Berikut ialah Gambar 15 yang menunjukkan hasil SEM pada fraksi volume 40%



Gambar 15 Hasil pengujian SEM dengan fraksi volume 40% cangkang kerang darah

Berdasar hasil SEM pada Gambar 15 ialah merupakan hasil pengamatan dari komposit partikel cangkang kerang darah dengan variasi fraksi volume 40 %. Terlihat bahwa pada fraksi 40% ini terdapat banyak resin yang tidak dapat menjangkau daerah-daerah serbuk, dikarnakan serbuk partikel cangkang kerang darah bersifat keras dan tidak menyerap air dan oleh sebab itu resin pun tidak dapat menyerap secara optimal di karnakan jumlah partikel yang semakin banyak. Terlihat pada hasil uji tarik bahwa komposit ini menunjukkan penurunan nilai pada fraksi 40%.

## 5 Kesimpulan

Kekuatan tarik yang di perkuat partikel cangkang kerang darah dengan fraksi volume 20%, 40% yang di ayak dengan ayakan 200 mesh memiliki kekuatan tarik tertinggi pada fraksi volume 40% dengan nilai rata-rata sebesar 103MPa, regangan tarik 0,69%. Kekuatan tarik terendah pada fraksi volume 20% dengan nilai rata-rata sebesar 102,57 MPa, regangan tarik sebesar 0,62%. Ukuran serbuk cangkang kerang darah dengan ayakan 160 mesh pada fraksi volume 40% menyebabkan nilai kekuatan tarik menurun dengan nilai rata - rata 102,27 MPa dan elongation 0,74%.. Sedangkan dengan variasi faksi volume 40% menggunakan ayakan 200 mesh nilai kekuatan tariknya meningkat.

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi struktur mikro patahan uji tarik komposit dengan Scanning Electron Microscope dapat di simpulkan bahwa pada variasi 20% struktur komposit hanya saling mengisi antara resin dengan serbuk. Pada variasi 40% terjadi penurunan nilai kekuatan tarik ini terlihat pada struktur mikro komposit bahwa terdapat sebagian resin yang kurang menyatu dengan serbuk di sebab kan oleh peningkatan variasi serbuk sehingga resin tidak dapat mengikat serbuk dengan sempurna.

Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan dari lemak hewani dan nabati berupa, metil ester asam lemak (*Fatty Acid Methyl Ester/ FAME*) yang telah lama dianggap sebagai pengganti minyak bumi (*Petroleum Diesel*). Biodiesel pertama kali dibuat pada tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick, ini sebelum mesin diesel pertama kali ditemukan. Empat dekade kemudian, Rudolf Diesel berhasil merakit mesin diesel pertama pada tahun 1893 di Augsburg, Jerman, yang kemudian diperkenalkan di *World's Fair* di Paris, Prancis. Pada saat itu, mesin diesel masih dioperasikan menggunakan biodiesel yang terbuat dari minyak kacang tanah. Sekarang, biodiesel dapat dibuat dari berbagai bahan baku, menggunakan bermacam-macam teknik, termasuk esterifikasi yang tidak ramah lingkungan dan trans-esterifikasi yang ramah lingkungan.

Karena untuk memproduksi biodiesel berkualitas tinggi yang ramah lingkungan membutuhkan *preheater* metanol untuk menghasilkan uap metanol yang dimasukkan kedalam minyak. Dikarenakan Metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna, dan beracun digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan additif bagi etanol industri dan sebagai bahan bakar, maka proses pemanasannya harus dilakukan dengan aman.

Pada penelitian ini yang dilakukan adalah mengukur unjuk kerja Mobiltherm 605 yang akan memanaskan metanol secara tidak langsung melalui *preheater* metanol, berdasarkan parameter simulasi *ChemCAD* penelitian sebelumnya oleh Hanafi untuk mendapatkan uap metanol yang memenuhi syarat penggunaan yang tepat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja *Mobiltherm 605* sebagai fluida pemanas pada *preheater* metanol ketika diaplikasikan secara praktik.

Unjuk kerja dapat diartikan sebagai tingkat pencapaian hasil. Penilaian terhadap unjuk kerja merupakan suatu kegiatan yang sangat penting dibuat sebagai masukan guna mengenal lebih baik tentang sistem dan mengadakan perbaikan untuk peningkatan hasil pada waktu yang akan datang.

Unjuk kerja *Mobiltherm 605* sebagai fluida pemanas adalah kemampuan dalam melakukan perpindahan panas ke Methanol cair menjadi uap methanol. Unjuk kerja (%)  $\eta$ , dipengaruhi oleh temperatur *Mobiltherm 605* yang masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{im}$ ,

temperatur uap Metanol yang keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_{ou}$ , dinyatakan dengan persamaan:  $\eta = \frac{T_{ou}}{T_{im}} \times 100\%$

Pengujian unjuk kerja *Mobiltherm 605* sebagai fluida pemanas pada *preheater* metanol untuk pilot plant biodiesel kualitas tinggi perlu dilakukan melalui penelitian ini, yang memiliki tingkat kesiapterapan teknologinya adalah pembuktian konsep fungsi dan/ atau karakteristik penting secara eksperimental mengenai thermal oil Mobiltherm 605, dengan cara memvalidasi komponen/ subsistem dalam lingkungan laboratorium, untuk mengetahui unjuk kerja *Mobiltherm 605* secara praktik.

## References

- [1] 638-02, A. D. (2002). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. An American National Standard.
- [2] Achmad Nurhidayat, N. S. (2013). Pengaruh Fraksi Volume Pada Pembuatan Komposit Hdpe Limbah-Cantula dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminat. Volume 14 No. 02.
- [3] Addriyanus, T. H. (2015). Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Kulit Kerang Darah (Anadora Granosa) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bnetur Dari Komposit Epoksi-Ps/Serbuk Kulit Kerang Darah. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 4, No. 4 Universitas Sumatra Utara.
- [4] Ahmad Mufidun, A. A. (2016). Pemanfaatan Filler Serbuk Cangkang Kerang Simpson (Placuna Placenta) dan Matriks Poliester Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Papan Komposit. Jurnal Neutrino, Vol. 9, No. 1.
- [5] Cut Gustiana, A. ,. (2018). Analisis Pendapatan Nelayan Pencari Kerang Tiram Di Desa Kuala Langsa Kecamatan Langsa Barat Kota Langsa. Vol. 5 No. 2.
- [6] Dody Irnawan, B. K. (2019). Kajian Ukuran Serbuk Komposit Limbah Cangkang Telur Terhadap Ketangguhan Impak . Journal of Architecture and Built Environment, Vol. 1, No. 2.
- [7] Egbo, M. K. (2020). A fundamental review on composite materials and some of their. Journal of King Saud University.
- [8] Farikhin, F. (2016). Analisa scanning electron microscope komposit polyester dengan filler karbon aktif dan karbon non aktif. Surakarta: universitas muhammadiyah surakarta.
- [9] Hartono, M. R. (2016). Pengenalan Teknik Komposit. Yogyakarta: Deepublish.
- [10] I Putu Gede Suartama, I. N. (2016). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat

- Serat Pelepah Gebang. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM), Vol: 5 No: 2.
- [11] Indra Mawardi, H. L. (2019). Proses Manufaktur Plastik & Komposit. Yogyakarta: Andi.
- [12] Jr., W. D. (2005). Materials Science and Engineering (7th Edition). New York : Jhon Wiley & Sons, Inc.
- [13] Muhammad Hendra S Ginting, N. H. (2016). Pengaruh Komposisi Kulit Kerang Darah (Anadara Granosa) Terhadap Kerapatan, Keteguhan Patah Komposit Partikel Poliester. eminar Nasional Sains dan Teknologi .
- [14] Mukmin, K. (2019). Pengaruh Arah Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Material Komposit Serat Ijuk-Epoxy. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [15] Nayiroh, N. (2013). Teknologi Material Komposit. Lecture Material, . Malang : Universitas Negeri Malang .
- [16] Nugroho, F. (2017). Pengaruh Kandungan Partikel Serbuk Genteng Sokka Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Pada Komposit Bermatriks Epoxy. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK), Vol. III.
- [17] Zulmiardi, M. A. (2019). Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Bqtn Type 157-Ex Yang Diperkuat Serat Abaca. Universitas Malikussaleh.

## PEMANFAATAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI BAHAN BAKAR MINYAK SOLAR INDUSTRI PADA SISTEM PEMANAS FLUIDA TERMIK DI PABRIK RESIN

Sari Farah Dina<sup>1</sup>, Justaman A. Karo-Karo<sup>1</sup>, Siti Masriani Rambe<sup>2</sup>, Edwin H. Sipahutar<sup>2</sup>, Harry P. Limbong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Jln. Medan Tenggara VII, Medan – 20228

<sup>2</sup>Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Medan, Jln. Sisingamangaraja No. 24 Medan – 20217

Corresponding Author: sfdina1@kemenperin.go.id

**Abstract** – *The National Energy Policy to develop the use of renewable energy has opened up opportunities for industry to develop the use of biomass. A study on the use of palm shells as a substitute for industrial diesel in a thermal oil heating system at a natural rubber resin factory in North Sumatra has been carried out. All information and data on the operation of TOH were obtained through secondary data collection and direct discussions in the field. The secondary data obtained include the type and specification of the heater, the characteristics of the thermal oil (type, flow rate, temperature inlet and outlet of the heater), fuel consumption/hour and the characteristics of palm shells. From the study conducted, it can be concluded that during the process of heating thermal oil which takes place gradually in the TOH system using industrial diesel, it has a heat capacity of 1,500,000 kcal/hour, but the maximum heat that is useful for heating thermal oil is 694,396 kcal/hour with maximum thermal efficiency is 80.69%. Estimated consumption of palm kernel shells required to heat thermal oil on the assumption of 70% thermal efficiency as a substitute for energy supplied by industrial diesel is 237 kg/hour. The savings from this fuel replacement is estimated Rp. 3.286.800.000,-/year.*

**Keywords:** *thermal fluid, industrial fuel, palm shells, heating system, performance.*

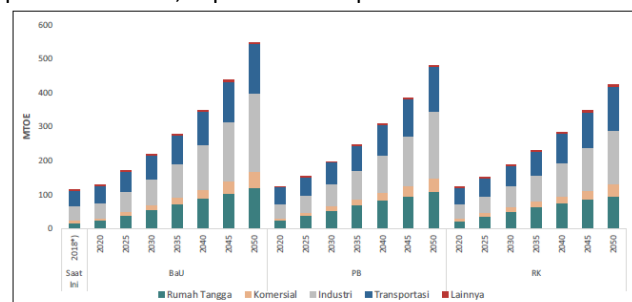
### 1. Pendahuluan

Ketersediaan energi fosil yang semakin berkurang sedangkan kebutuhan terus meningkat, menyebabkan penggunaan energi biomassa semakin diminati. Hal ini sejalan dengan konteks kebijakan pemerintah didalam komitmen penyediaan energi bersih dan terjangkau yang telah ditetapkan melalui amanat Kebijakan Energi Nasional dimana akan mengurangi konsumsi energi fosil dan memperluas penggunaan energi terbarukan.

Ditinjau dari konsumsi energi, sektor industri merupakan konsumen energi terbesar, dengan tingkat pertumbuhan 5,7% per tahun. Saat ini konsumsi energi sektor industri mengambil porsi sebesar 41%, yang didominasi oleh batubara, gas bumi dan listrik. Dilihat Gambar 1, hingga tahun 2050, diprediksi konsumsi ini terus meningkat.[1].

Dengan semakin berkembangnya industri, maka konsumsi energi juga semakin meningkat sehingga pemerintah telah menetapkan beberapa kebijakan energi diantaranya adalah pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT). Berkurangnya produksi energi fosil

terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut, seperti terlihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Permintaan Energi Final per Sektor DEN, 2019

Tabel 1 Potensi Energi Terbarukan

Jenis Energi	Potensi, GW
Tenaga air	94,3
Panas Bumi	28,5
Bioenergi	32,6
200.000 barrel per hari	
Surya	207,8
Angin	60,6
Energi Laut	17,9
TOTAL,	442

Total potensi energi terbarukan ekuivalen 442 GW digunakan untuk pembangkit listrik, sedangkan BBN dan Biogas sebesar 200 ribu Bph digunakan untuk keperluan bahan bakar pada sektor transportasi, rumah tangga, komersial dan industri. Salah satu EBT yang memiliki potensi sangat besar untuk terus dikembangkan adalah pemanfaatan produk samping kelapa sawit, diantaranya tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang sawit dan juga limbah cair. Namun sebagian besar pada penggunaannya masih menggunakan campuran dengan batubara [2,3,4].

Salah satu produsen resin berkualitas tinggi di Sumatera Utara menggunakan alat penukar kalor berupa *thermal oil heater* (TOH) pada proses produksi. Zat yang berasal dari siklisasi karet alam ini merupakan produk resin berkualitas tinggi yang memiliki pangsa pasar ekspor yang sangat kompetitif. Oleh karenanya pengembangan berkelanjutan terus dilakukan tak terkecuali dalam hal optimalisasi unit operasi dari proses produksi. Selain TOH pada pabrik resin ini telah memiliki umur pakai yang sudah harus mengalami revitalisasi, juga biaya bahan bakar solar industri yang terus mengalami peningkatan, maka perlu dilaukan kajian terhadap performa unit TOH jika menggunakan pemanas berbahan bakar cangkang sawit.

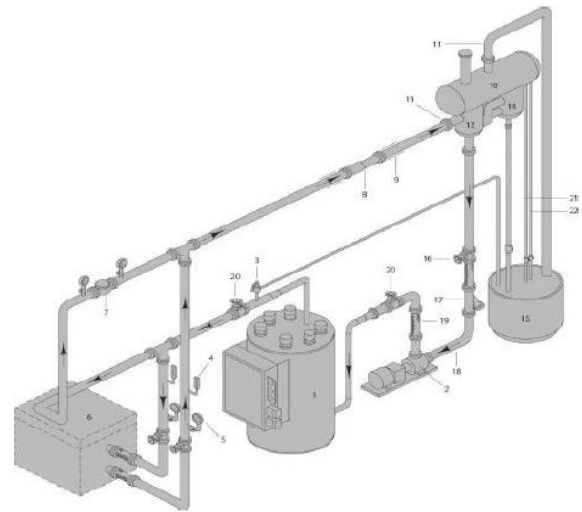
## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. *Thermal Oil Heating (TOH) Unit*

Thermal oil atau fluida termik digunakan untuk membawa energi pada aplikasi pemanasan, industri *processing* dan juga pendinginan mesin-mesin industri. Thermal oil paling sesuai digunakan pada aplikasi bersuhu tinggi di mana kondisi operasi paling optimal berada di antara 150°C sampai 350°C. Pada suhu ini, pemanasan dengan menggunakan *thermal oil/thermal fluid* akan memiliki efisiensi paling tinggi jika dibandingkan dengan metode pemanasan lain seperti menggunakan steam (uap), elektrik atau pembakaran langsung [5].

Thermal oil merupakan sistem tertutup dan didesain atas dasar pertimbangan laju alir, *pressure drop*, perubahan volume dan kekentalan fluida termiknya. Secara umum, sistem *thermal oil* terdiri dari koil pemanas, *burner*, pompa sirkulasi dan tangki ekspansi yang dilengkapi dengan sistem ventilasi, *collecting tank*, *valve*, *strainer*, *differential pressure* atau *pressure gauge*

dan juga panel kontrol. Yang membedakannya hanya pada unit pembangkit energy yakni sistem pembakaran karena tergantung dari sifat bahan bakar yang digunakan baik sifat (cair, padat atau gas) maupun jenisnya (fossil atau biomassa).

Gambar 2 Perpipaan pada Sistem *Thermal Oil*

Besarnya kapasitas TOH ditentukan oleh besarnya kebutuhan beban termal dari suatu unit proses, suhu operasi dan laju alir *thermal oil*. Pada sistem pemanas, *thermal oil* berada didalam koil akan menerima panas dari gas panas hasil pembakaran di *burner*. Selanjutnya *thermal oil* ini akan memberikan panas kepada media yang akan dipanaskan. *Thermal oil* yang panasnya sudah diambil oleh media akan lebih dingin dan kembali ke TOH untuk dipanaskan kembali. Bahan bakar yang dapat digunakan *burner* adalah gas, solar, batubara atau biomassa [5].

### 2.2. *Thermal Oil* dan Karakteristiknya

Fungsi utama dari suatu sistem *thermal fluid* (fluida termik) adalah mentransfer panas dari suatu sumber panas ke fasilitas unit proses. Umumnya suhu fluida termik keluar dari sumber panas adalah berkisar antara 170 – 350 °C (tergantung kebutuhan unit proses). Untuk itu, fluida termik yang digunakan harus memenuhi karakteristik minimal memiliki: stabilitas termal yang baik, sifat perpindahan panas yang baik, viskositas rendah, titik beku rendah, korosi rendah, toksisitas rendah, resiko rendah untuk personil akuisisi dan ekonomis. Fluida termik yang dapat memenuhi kriteria ini adalah minyak (oil). Di pasaran karakteristik *thermal oil* cukup diwakilli oleh parameter temperatur (Tabel 2). *Thermal oil* yang digunakan pada industri yang dikaji adalah Seriola 150 yang dibuat dari bahan *distillates petroleum hydrotreated heavy paraffinic*.

### 2.3 Cangkang Sawit Sebagai Sumber Energi Potensial Bahan Bakar Biomassa

Seperti diketahui, secara nasional Sumatera Utara termasuk 5 propinsi produsen kelapa sawit terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sumatera Utara tahun 2016 terdapat 25 (dua puluh lima) Kabupaten penghasil kelapa sawit namun hanya 11 (sebelas) Kabupaten menjadi produsen unggulan. Dengan prediksi untuk setiap ton TBS yang diolah akan dihasilkan limbah cangkang sawit sebanyak 5%, maka dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa ada 5 (lima) Kabupaten yakni Asahan, Simalungun, Langkat, Labuhanbatu Utara dan Labuhanbatu Selatan memiliki potensi cangkang sawit [6].

Tabel 2. Karakteristik Temperatur Beberapa *Thermal Oil* di pasaran<sup>[12]</sup>

<i>Thermal Oil</i>	Maksimum operasi	Film Maksimum	Titik Nyala
BP TRANSCAL N	320	340	221
Calflo HTF	325	343	231
Diphyl DT	330	340	135
Diphyl	400	410	115
Dowtherm A	400	430	113
Dowtherm Q	330	355	120
Essotherm 650	320	340	300
Marlotherm SH	350	380	200
Mobiltherm 603	280	300	190
PIROBLOC HTF Mineral	305	320	215
Therminol SP	315	335	177
Therminol 66	345	375	178
Therminol 75	380	400	132
Therminol VP-1	400	425	124
Shell Thermia Oil E	310	340	208
<b>Seriola 1510</b>	<b>310</b>	<b>330</b>	<b>230</b>

Tabel 3. Produksi TBS Segar dan Prediksi Limbah Cangkang Sawit di Beberapa Kabupaten Wilayah Sumatera Utara Tahun 2016<sup>[13]</sup>

No	Kabupaten	TBS/tahun	Produksi cangkang sawit, kg/hari
1	Deli Serdang	210.255	35,042
2	Serdang Bedagai	173.800	28,967
3	Asahan	1.050.159	175,027
4	Simalungun	517.218	86,203
5	Batubara	103.459	17,243
6	Langkat	633.472	105,579
7	Mandailing Natal	231.027	38,505

8	Padang Lawas Utara	295.863	49,311
9	Padang Lawas	438.022	73,004
10	Labuhanbatu Selatan	619.327	103,221
11	Labuhanbatu Utara	860.045	143,341

Ketersediaan cangkang sawit khususnya di Sumatera Utara, telah memberikan peluang bagi industri yang selama ini mengkonsumsi bahan bakar fosil untuk beralih ke biomassa. Kandungan sulfur yang dimiliki biomassa lebih rendah dari bahan bakar fosil (solar industri ataupun batubara) sehingga sumber energi terbarukan ini dapat dikatakan lebih ramah lingkungan. Hal ini dapat dikatakan lebih ramah lingkungan karena biomassa memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah (3600 – 4800 kkal/kg) dibanding nilai kalor batubara (5500 – 7900 kkal/kg) dan bahan bakar solar (8500 – 10500 kkal/kg). Namun jika dihitung berdasarkan biaya energi/kWh, maka penggunaan cangkang sawit adalah yang berbiaya paling murah. Hal lain yang menarik dari cangkang sawit atau biomassa adalah kandungan senyawa *volatile* yang tinggi (60 – 80 %) dibanding kadar *volatile* pada batubara, oleh karenanya biomassa lebih reaktif dibanding batubara ataupun bahan bakar solar. Akan tetapi, untuk dapat digunakan sebagai pengganti langsung terhadap energi fosil dari unit proses yang sudah beroperasi perlu dilakukan kajian neraca massa dan energi serta keekonomiannya [7].

Tabel 4. Hasil Analisa Cangkang Sawit <sup>[4,8,9,10,11]</sup>					
Kandungan	Hasil Riset				
	Raju, dkk, 2016	Lee, dkk, 2013	Abnis, dkk, 2011	Idris, dkk, 2012	Sukiran, 2008
Analisa Ultimat, %wt	68,4	55,8	49,74	48,6	53,78
C	5	2	5,32	8	7,20
H	9,52	5,62	0,008	4,77	0,00
N	0,20	0,84	0,16	1,17	0,51
S	0,74	-	44,86	0,20	36,30
O	20,9	37,7	-	45,2	-
Analisa Proksimat, % wt	3,87	11,9	11,00	-	5,73
Kadar Air	72,3	0	67,20	73,7	73,74
<i>Volatile Matter</i>	4	66,8	19,70	7	18,37
<i>Fixed Carbon</i>	20,6	0	2,10	15,1	2,21
Ash	1	17,9	-	5	-
Nilai Kalor, kkal/kg	7,06	0	-	11,0	-
		3,40	-	8	-
	4022	3337	-	3423	4649

Secara kimia cangkang sawit diklasifikasikan ke dalam bahan bakar padat yang memiliki unsur kimia antara lain zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Beberapa hasil penelitian tentang besarnya analisa ultimat dan proksimat cangkang sawit disajikan pada Tabel 4. Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar karbon, hidrogen dan kadar air. Kajian

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk melakukan analisa dan evaluasi terhadap kebutuhan konsumsi energi TOH berbahan bakar solar industri dan kajian potensi penggantian bahan bakar menjadi biomassa dari cangkang sawit. Kajian ini dibatasi untuk menganalisa kebutuhan energi minimal untuk menaikkan energi spesifik *thermal oil* pada selisih temperatur (masuk dan keluar *heater*)  $\Delta T$  sebesar 20 dan 25 °C.

### 3. Metodologi

Untuk melaksanakan kajian, semua informasi dan data tentang pengoperasian TOH diperoleh melalui pengumpulan data sekunder dan diskusi langsung di lapangan. Data sekunder yang diperoleh berupa, tipe dan spesifikasi alat, jenis dan laju alir *thermal oil*, temperatur *thermal oil* masuk dan keluar *heater*, konsumsi bahan bakar/jam.

Data ini digunakan untuk menghitung energi minimal yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil*, kemudian membandingkan berapa energi yang disuplai oleh bahan bakar solar dan berapa kebutuhan bahan bakar biomassa (cangkang sawit) yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil*.

Jumlah energi yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* dari temperatur masuk pemanas ( $T_{in}$ ) menjadi temperatur keluar pemanas ( $T_{out}$ ) dinyatakan sebagai panas/kalor sensibel dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{sensibel} = m_{thermal\ oil} \cdot Cp_{thermal\ oil} \cdot (T_{out} - T_{in}) \dots\dots\dots 1)$$

Perhitungan besarnya panas sensibel yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* (Seriola 1510) dihitung setiap 5 (lima) menit pada laju alir fluida 75 m<sup>3</sup>/jam. Sifat termodinamika (panas spesifik dan densitas) ditetapkan sebagai fungsi temperatur [12].

Performa dari TOH dinyatakan sebagai efisiensi termal dan dihitung berdasarkan rasio antara panas sensibel yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* dan panas yang dilepas bahan bakar solar. Efisiensi termal ini ditentukan setiap 5 (lima) menit dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

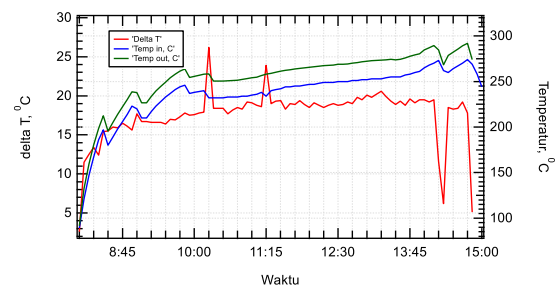
$$\eta = \frac{Q_{sensibel\ thermal\ oil}}{H_{out\ put\ solar\ industri}} \dots\dots\dots 2)$$

Untuk melihat potensi penghematan yang dapat dilakukan jika TOH berbahan bakar solar industri digantikan TOH berbahan bakar cangkang sawit, maka dilakukan analisa perbandingan panas maksimum yang dapat dihasilkan dari kedua bahan bakar tersebut. Dengan mempertimbangkan efisiensi alat dan panas riil yang dikonsumsi *thermal oil*, didapat kebutuhan cangkang sawit pengganti solar industri. Atas dasar jumlah ini dilakukan perhitungan penghematan yang dapat dilakukan.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Menghitung kebutuhan minimal energi yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil*.

Langkah awal yang dilakukan adalah mengetahui berapa energi maksimal yang dibutuhkan selama proses pemanasan *thermal oil* menggunakan bahan bakar solar. Selama proses pemanasan berlangsung tidak terjadi perubahan fasa pada *thermal oil*, sehingga yang diperlukan hanya panas sensibel saja. Untuk itu variabel yang sangat menentukan adalah selisih temperatur *thermal oil* sebelum dan sesudah keluar pemanas ( $\Delta T$ ). Dari data lapangan seperti ditunjukkan pada Gambar 3. yang diambil selama satu hari proses produksi (08:00 – 15:00 WIB), diperoleh data selisih temperatur berada pada rentang 5 – 24 °C. dan rata-rata berada pada 18°C.



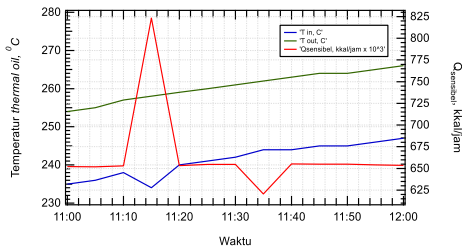
Gambar 3. Data Pengamatan Pemanasan *Thermal Oil* Menggunakan Pemanas Berbahan Bakar Solar Industri

Hasil perhitungan panas sensibel yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil* setiap 5 (lima) menit selanjutnya dikonversi dalam satuan kkal/jam, disajikan pada Gambar 4 dan 5. Selama proses produksi berlangsung (11:00 – 14:00 WIB) panas sensibel yang diperlukan berada pada rentang 620.596 – 694.396 kkal/jam. Dari gambar tersebut dapat dilihat bagaimana pengaruh besar kecilnya selisih temperatur keluar dan masuk *thermal oil* ( $\Delta T$ ) terhadap kebutuhan panas sensibel. Semakin besar  $\Delta T$  maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk memanaskan kembali *thermal oil*, dan sebaliknya. Fenomena ekstrim ini dapat dilihat pada jam 11:15; 11:35; 13:45 dan 13:50.

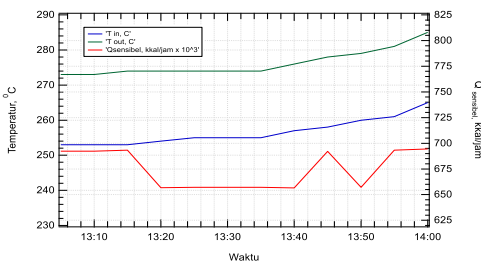
Untuk mengantisipasi lonjakan kebutuhan energi untuk pemanasan *thermal oil* seperti yang dialami pada kondisi riil, maka perhitungan simulasi kebutuhan energi termal dari bahan bakar biomassa (cangkang sawit)



dilakukan perhitungan panas sensibel pada dua rentang temperatur ( $\Delta T$ ) yakni 20 dan 25 °C.



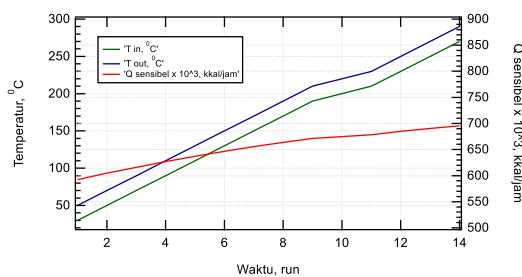
Gambar 4. Panas sensibel yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil* (11:00 – 12:00) WIB



Gambar 5 . Panas sensibel yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil* (12:05 – 14:00) WIB

#### 4..2 Simulasi Perhitungan Kebutuhan Energi Memanaskan *Thermal Oil* pada variasi $\Delta T$

Simulasi ini dilakukan dalam rangka mengetahui kebutuhan energi maksimal untuk memanaskan *thermal oil* tanpa melihat jenis sumber energi awalnya. Kebutuhan panas sensibel pada laju alir fluida yang dipanaskan tetap sangat dipengaruhi seberapa besar temperatur fluida akan dinaikkan dari temperatur awal fluida masuk pemanas dengan kata lain disebut dengan  $\Delta T$ .

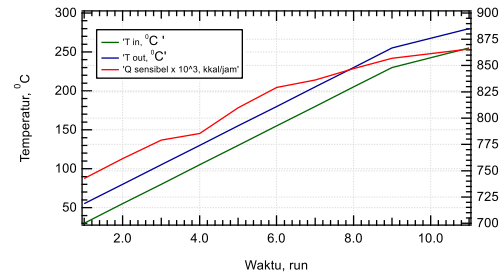


Gambar 6. Simulasi Perhitungan Kebutuhan Panas Sensibel Memanaskan *Thermal Oil* pada  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$

Dari 2 (dua) variasi  $\Delta T$  yang disimulasikan pada laju alir *thermal oil* tetap ( 75 m<sup>3</sup>/jam) seperti disajikan pada Gambar 6 dan 7 dapat dilihat bahwa semakin besar  $\Delta T$  maka panas sensibel yang dibutuhkan juga semakin besar. Meskipun sifat termodinamika dari fluida, dengan semakin tinggi temperatur, densitas akan

semakin rendah, namun kapasitas panas semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi kapasitas panas maka dibutuhkan energi yang semakin besar untuk menaikkan temperatur *thermal oil*.

Pada Gambar 6 dimana laju kenaikan suhu *thermal oil* persatuan waktu ditetapkan sebesar  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ , dibutuhkan energi antara  $592.4 \times 10^3 - 695.3 \times 10^3$  kkal/jam. Pada Gambar 7 dimana laju kenaikan suhu *thermal oil* persatuan waktu ditetapkan sebesar  $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ , dibutuhkan energi lebih besar yakni antara  $742.5 - 865.8$  kkal/jam.

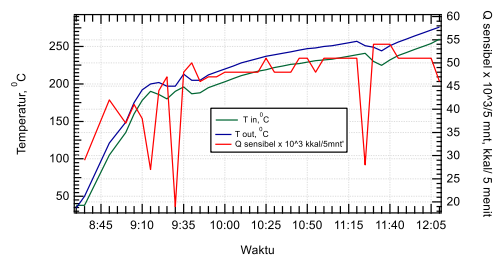


Gambar 7. Simulasi Perhitungan Kebutuhan Panas Sensibel Memanaskan *Thermal Oil* pada  $\Delta T = 25^\circ\text{C}$

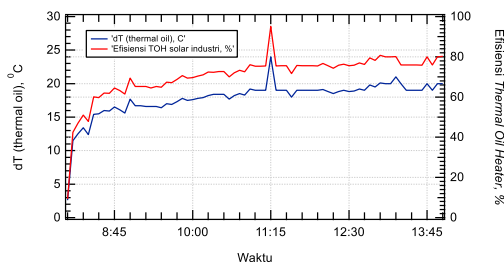
Jika pemanas didesain dengan keluaran panas sebesar 1.000.000 kkal/jam, maka untuk simulasi 1 ( $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ ) diperkirakan dapat mengoperasikan jenis pemanas yang memiliki efisiensi 70%. Dan untuk simulasi 2 ( $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ ), sebaiknya mengoperasikan jenis pemanas yang memiliki efisiensi sekitar 85%.

#### 4.3 Efisiensi Pengoperasian *Thermal Oil Heater (TOH) Berbahan Solar Industri (Kondisi Riil)*

Hasil pengamatan riil di lapangan terhadap pengoperasian TOH mulai dari kondisi *start-up* (08:00 WIB) hingga akhir proses produksi (12:05 WIB) dapat dilihat pada Gambar 8. Data suhu *thermal oil* (Seriola 1510) diambil pada kondisi masuk dan keluar TOH untuk setiap 5 (lima) menit. Dari Gambar 8 dapat dilihat besarnya perbedaan suhu masuk dan keluar fluida termik ( $\Delta T$ ) selama pemanasan pada unit TOH berada pada rentang (10 – 19 °C). Jumlah energy termal yang diperlukan untuk menaikkan suhu fluida termal secara bertahap dari 38°C hingga mencapai suhu 276°C berada pada kisaran 19.52 – 54.24 kkal untuk setiap 5 menit.



Gambar 8. Hasil Pengamatan Pemanasan *Thermal Oil* pada *Thermal Oil Heater* Berbahan Bakar Solar Industri



Gambar 9. Efisiensi *Thermal Oil Heater* Menggunakan Bahan Bakar Solar Industri (Kondisi Riil)

Jumlah energi yang disuplai dari bahan bakar solar pada laju pemakaian 1200 liter/12 jam (100 liter/jam) dengan nilai kalor sebesar 8.660 kkal/liter dan densitas 0,8443 kg/liter, akan menghasilkan panas keluar (Heat out put) sebesar 866.000 kkal/jam. Efisiensi TOH pada kondisi yang sedang beroperasi menggunakan bahan bakar solar industri dihitung menggunakan persamaan 2, dan hasilnya disajikan pada gambar 9. Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa mulai jam 08:00 sampai dengan jam 11:00, energi pembakaran solar industri utamanya untuk menaikkan temperatur *thermal oil* dari 89°C menjadi 230°C. Pada kondisi ini, efisiensi TOH berada dibawah 75%, dan pada waktu pemanasan selanjutnya efisiensi maksimum dicapai hingga 80,69%.

#### 4.4 Analisa Kebutuhan Cangkang Sawit sebagai Pengganti Solar Industri

Total  $H_{out\ put}$  yang dibutuhkan =  $H_{out\ put}$  yang disuplai TOH yang ada (solar) yakni 866.000 kkal/jam. Jika cangkang sawit yang disuplai ke ruang bakar memiliki nilai kalor sebesar 4200 kkal/kg dan asumsi efisiensi ruang bakar adalah 70%, maka jumlah cangkang sawit yang dibutuhkan adalah sebesar:

$$m_{cangkang\ sawit} = 237 \text{ kg/jam}$$

#### 4.5 Potensi Penghematan Harga Bahan Bakar

Berdasarkan data yang diperoleh dilapangan dimana TOH beroperasi 12 jam sehari, dan 25 hari dalam sebulan. Bahan bakar berupa solar industri yang dikonsumsi sebanyak 100 liter/jam akan digantikan dengan sistem pemanas biomassa menggunakan bahan bakar berupa cangkang sawit. Dengan melakukan konversi atas dasar jumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran solar industri adalah 866.000 kkal/jam. Maka dapat dilihat hasil perhitungan simulasi potensi penghematan yang dapat dilakukan jika bahan bakar solar industri diganti dengan cangkang sawit (Tabel 5). Perhitungan ini dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi kerja pemanas. Untuk pemanas menggunakan solar industri (pemanas yang saat ini beroperasi), hasil perhitungan seperti yang disajikan pada Gambar 9

diperoleh efisiensi maksimum adalah 80%. Untuk pemanas jika menggunakan cangkang sawit (dengan asumsi nilai kalor 4200 kkal/kg dan efisiensi alat 70%), akan diperoleh konsumsi sebesar 237 kg.

Tabel 5. Perbedaan Harga Penggunaan Bahan Bakar Solar Industri dan Cangkang Sawit pada Pemanasan *Thermal Oil*

Keterangan	Solar Industri	Cangkang Sawit
<b>Konsumsi bahan bakar,</b>		
liter/jam	100	
kg/jam		237
<b>Nilai kalor</b>		
kkal/liter	8.660	
kkal/kg		4200
<b>H bahan bakar, kkal/jam</b>	866000	995400
efisiensi 80%	692800	
efisiensi 70%		696780
<b>Harga bahan bakar,</b>		
Rp./liter	11500	
Rp./kg		1000
<b>Total harga konsumsi bahan bakar/jam</b>	1.150.000	237.000
<b>Total saving,</b>		
Rp./jam		913.000
Rp./hari (1 hari= 12 jam)		10.956.000
Rp./bln (1 bln = 25 hari)		273.900.000
Rp./tahun		3.286.800.000

Berdasarkan perhitungan seperti yang disajikan pada Tabel 5, diperoleh potensi penghematan yang cukup signifikan untuk dilakukan penggantian TOH dari solar industri menjadi biomassa (cangkang sawit). Mengingat panas sensibel pada kondisi riil yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* adalah 694.396 kkal/jam (Gambar 5), maka pemilihan TOH berbahan bakar biomassa cukup untuk pemanas dengan spesifikasi kapasitas panas 1.000.000 kkal/jam. TOH berbahan bakar solar industri memiliki kapasitas panas 1.500.000 kkal/jam, sedangkan panas yang dikonsumsi *thermal oil* maksimum 694.396 kkal/jam. Oleh karenanya penggantian unit pemanas menggunakan biomassa pada kapasitas 1.000.000 kkal/jam juga berpotensi lebih efektif dan efisien dibanding kapasitas yang lebih besar (1.500.000 kkal/jam)

## 5. Kesimpulan

Telah dilakukan pengamatan dan analisa terhadap pengoperasian sistem TOH berbahan bakar solar industri dengan kapasitas panas terpasang 1.500.000 kkal/jam, yang digunakan sebagai sistem pemanas pada proses produksi resin berbahan baku karet alam, serta potensi penggantian bahan bakar menjadi biomassa (cangkang

sawit). Hasil pengamatan yang dilakukan selama sistem pemanasan berlangsung yakni dari jam 08:00 sampai dengan jam 15:00, menunjukkan bahwa rata-rata selisih antara temperatur *thermal oil* masuk dan keluar pemanas ( $\Delta T$ ) adalah 18°C. Panas sensibel maksimum yang diperlukan untuk memanaskan kembali temperatur *thermal oil* yang dikembalikan dari unit proses produksi resin adalah 694.396 kkal/jam. Hasil simulasi terhadap 2 (dua) variasi yakni 20°C dan 25°C menunjukkan bahwa semakin besar  $\Delta T$  maka semakin besar panas sensibel yang dibutuhkan. Kedua simulasi menunjukkan kapasitas panas dibawah 1.000.000 kkal/jam. Hasil analisa termal dan ekonomi terhadap penggantian sistem TOH berbahan bakar solar industri 100 liter/jam (nilai kalor 8.660 kkal/liter) menunjukkan bahwa cangkang sawit sebanyak 237 kg/jam (nilai kalor 4200 kkal/kg) dapat sistem pemanas solar industri yang ada dengan potensi penghematan sebesar Rp. 3.286.800.000 pertahun.

### References

- [1]. Anonim 2019, Outlook Energi Indonesia, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, ISSN 2503-1597.
- [2]. Chen, W.-H., Wu, J.-S., 2009. An evaluation on rice husks and pulverized coal blends using a drop tube furnace and a thermogravimetric analyzer for application to a blast furnace. *Energy*, Vol. 34, p:1458–1466.
- [3]. Idris, S.S., Rahman, N.A., Ismail, K., Alias, A.B., Rashid, Z.A., Aris, M.J., 2010, Investigation on thermochemical behaviour of low rank Malaysian coal, oil palm biomass and their blends during pyrolysis via thermogravimetric analysis (TGA). *Bioresour. Technol.* 101, 4584–4592.
- [4] Idris, S.S., N.A. Rahman dan K. Ismail. 2012., Combustion characteristics of Malaysian oil palm biomass, sub-bituminous coal and their respective, blends via thermogravimetric analysis (TGA), *Bioresource Technology* Vol. 123 (2012) p: 581–591.
- [5] [https://www.cv-ao.com/Thermal Oil Guide Origin.pdf](https://www.cv-ao.com/Thermal%20Oil%20Guide%20Origin.pdf), diakses tanggal 06 April 2022.
- [6] Vishal Aji Armansyah.2019.Rumus Present Value di <https://rumus.co.id/rumus-present-value/#!> (diakses 21 Maret 2022).
- [7] Razi Ahmad, Mohd Azlan Mohd Ishak, Nur Nasulhah Kasim, Khudzir Ismail, 2019, Properties and thermal analysis of upgraded palm kernel shell and Mukah Balingian coal, *Energy*, Volume 167, p: 538-547, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.018>.
- [8] Raju M, 2016, Karakterisasi arang dan gas-gas hasil pirolisis limbah kelapa sawit, *Jurnal Keteknik Pertanian*, p-ISSN: 2407-0475, e-ISSN: 2338-8439, Vol. 4, No.2:153-160.
- [9] Lee, Y., J. Park, C. Ryu, K.S. Gang, W. Yang, Y. Park dan S. Hyun. 2013. Bioresource technology comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500°C. *Bioresource Technology* Vol. 148:196–201.
- [10] Abnisa, F., W.M.A.W. Daud, W.N.W. Husin dan J.N., Sahu. 2011. Utilization possibilities of palm shell, as a source of biomass energy in Malaysia by producing bio-oil in pyrolysis process. *Biomass and Bioenergy* Vol. 35(5):1863–1872.
- [11] Sukiran, M.A. 2008. Pyrolysis of empty oil palm fruit bunch using the quartz fluidized-fixed bed reactor. (Tesis). University of Malaya, Kuala Lumpur.
- [12] <https://catalog.totalenergies.id/indonesia-webiste-catalog/en-id/products/b38/SERIOLA-1510>, diakses tanggal 29 Maret 2019.
- [13] Statistik Kelapa Sawit Indonesia, 2017, Badan Pusat Statistik, Katalog: 5504003. ISSN: 1978-9947, diakses tanggal 29 Maret 2019.

## ANALISA RESISTIVITAS TANAH TERHADAP PREDIKSI KOROSI PADA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KAMPUS UNIMAL BUKIT INDAH

Reza Putra<sup>1\*</sup>, Muhammad<sup>1</sup>, Abdul Rahman<sup>2</sup>, Teuku Hafli<sup>2</sup>, Nurul Islami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Material, Universitas Malikussaleh, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia

\*Corresponding Author: reza.putra@unimal.ac.id

**Abstract** – *This study aims to predict corrosion in water distribution pipes at the Bukit Indah Unimal campus. Corrosion is the damage to chemical elements in a metal that changes the original properties of the metal. There are four kinds of processes for corrosion, namely, one anode loses electrons, two cathodes accept electrons, three liquids and four metals connect the cathode and anode. The geoelectric resistivity method is used to determine the soil resistance properties of the subsurface layer. The Wenner 4 pin method is a geoelectric data retrieval that is often used with the same pin spacing arrangement. Res2DInv is software that is on a computer to generate 2-dimensional images from the resistivity data obtained and determine the layer below the surface. From the inverse results, the smallest error value can be obtained when iterating up to 4 times, namely Java Road 45.3%, Sulawesi Road 49.6%, Kalimantan Road 30.6%, Sumatra II Road 46.1%, Main Gate 41.1% Sumatra I 23.4%. Based on the data, the measurable results below the surface range from 0.05 m to 5 m.*

**Keywords:** Resistivity, Geoelectric, Corrosion, Inverse, Iteration.

### 1 Pendahuluan

Semakin berkembangnya sumber daya manusia dan kemajuan teknologi industri khususnya dibidang teknik mesin, maka semakin banyak pula dibutuhkan ilmu pengetahuan dibidang tersebut khususnya ilmu material. Dalam ilmu material cangkupan ilmu yang dibahas sangatlah luas yaitu logam, komposit, keramik, serta polimer. Pemanfaatan banyaknya dari ilmu material banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari salah satunya yaitu logam. Pemanfaatan logam yang sangat begitu luas diberbagai sektor menjadikan penggunaan bahan material ini diusahakan semaksimal mungkin. Akan tetapi pada kenyataannya yang sering terjadi banyak sekali faktor yang menyebabkan daya logam tersebut tidak efektif sebagaimana untuk diharapkan. Banyak faktor yang menyebabkan dalam prakteknya diantaranya terjadinya korosi.[10]

Korosi atau pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan- bahan logam yang pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan

logam yang kontak langsung dengan lingkungan ber- air dan oksigen.

### 2 Kajian Pustaka

Korosi adalah sumber penyebab bocornya pipa yang paling sering ditemukan pada jenis pipa metal. Metal cenderung akan kembali pada bentuk bijinya. Bila mana tanah dalam keadaan kering dan memiliki resistivitas tinggi, proses tersebut dapat diperlambat. Akan tetapi, tanah yang basah, dengan potensial redox tinggi dan resistivitas rendah, proses korosi akan berlangsung semakin cepat pada kondisi semacam itu.

Korosi adalah penurunan kualitas yang disebabkan oleh reaksi kimia bahan logam dengan unsur- unsur lain yang terdapat di alam. Laju korosi bergantung pada suhu, jumlah mula- mula partikel (massa) logam, dan factor mekanik seperti tegangan [4].

Mekanisme korosi tidak terlepas dari reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan elektron- elektron. Perpindahan elektron merupakan hasil reaksi redoks (reduksi- oksidasi).

Mekanisme korosi melalui reaksi elektrokimia melibatkan reaksi anodic di daerah anodic.

Metode resistivitas adalah salah satu metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari sifat resistivitas dari lapisan di bawah permukaan. Salah satu faktor yang digunakan sebagai indikator utama terhadap korosi pada tanah adalah resistivitas tanah. Saat transfer ion bereaksi dengan korosi pada tanah, resistivitas tanah yang tinggi menyebabkan reaksi korosi akan lebih lambat. Resistivitas tanah berkurang dengan meningkatnya kandungan air dan konsentrasi ion. Resistivitas tanah memiliki pengaruh yang kuat terhadap laju korosi. Tanah dengan resistivitas yang tinggi dapat memberikan banyak aliran arus.

Nilai tahanan jenis yang berkisar antara 1 – 300 ohm.m diperkirakan sebagai lapisan lempung hingga pasir. Nilai tahanan jenis yang berkisar antara 200 – 3500 ohm.m diperkirakan batuan pasir hingga tuff. Nilai tahanan jenis yang berkisar antara 3500 – 10.000 ohm.m diperkirakan sebagai batuan lava.

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi.

Res2Dinv adalah sebuah program komputer yang secara otomatis menentukan model resistivity 2D untuk bawah permukaan dari data hasil survey geolistrik. Model 2D menggunakan program inversi, yang terdiri dari sejumlah kotak persegi. Susunan dari kotak-kotak ini terikat oleh distribusi dari titik datum dalam pseudosection. Distribusi dan ukuran dari kotak secara otomatis dihasilkan dari program maka jumlah kotak tidak akan melebihi jumlah datum point.[8]

Laju korosi adalah tebal material yang hilang tiap satuan waktu yang disebabkan oleh adanya pengaruh lingkungan. Satuan laju korosi disini bermacam macam sesuai satuan yang akan digunakan dengan mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, British). [4]

### 3 Metode Penelitian

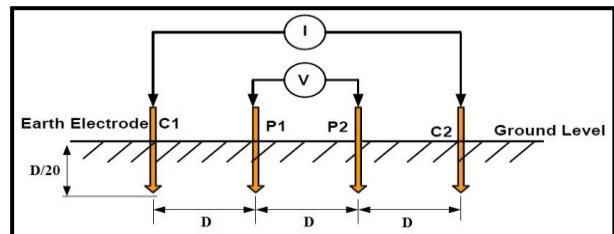
Peralatan yang di gunakan dalam pengujian Analisa Resistivitas Tanah Terhadap Prediksi Korosi Pada Pipa Distribusi Air Bersih Di Kampus Unimal Bukit Indah.

Megger (DET4TD2) Soil resistivitas adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur resistivitas tanah dengan menggunakan metode wenner 4 pin yang ditancapkan pada tanah yang dapat membaca nilai resistivitas. Gambar 1 adalah alat untuk mendapatkan nilai resistivitas semu.



Gambar 1. Megger DET4TD2

Pengukuran resistivitas dilakukan dengan pengukuran langsung pada tanah dengan menggunakan Megger (DET4TD2) di Kampus Bukit Indah tepat diatas pipa distribusi air bersih ke Kampus Unimal Bukit Indah. Gambar adalah cara untuk menyusun dan memasang pin pada pengukuran resistivitas tanah.



Gambar 2. Metode Pemasangan pin pengukuran resistivitas

Read data file Program ini membutuhkan data yang disusun dalam format tertentu. Data disusun dalam bentuk ASCII dimana sebuah koma atau spasi kosong digunakan untuk memisahkan data numerik yang berbeda. Harga resistivitas semu harus berbentuk file text, biasanya menggunakan program Notepad. Import data in Program ini berfungsi untuk memindahkan data dari alat dengan format yang tertera seperti AGI, CAMPUS, IRIS, ABEM LUND, ABEM SAS dll. Run JACOBWIN.EXE Program ini harus dijalankan setelah proses instalasi selesai dan cukup sekali saja dijalankan.

### 4 Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengujian resistivitas tanah pipa distribusi air di Kawasan Kampus Bukit Indah dengan metode wenner 4 pin. Pengambilan data setiap titik dengan lokasi yang berbeda, dan setiap titik yang diambil tepat di atas tanah yang di dalam tanah tersebut ada pipa distribusi air dengan kisaran kedalaman pipa 3 sampai 5 meter di bawah tanah.

Mengukur nilai hambatan secara langsung pada rangkaian alat dan menghitung nilai tahanan jenisnya sesuai persamaan berikut:

$$\rho = 2\pi \cdot A \cdot R$$

dimana:

$\rho$  = Tahanan Jenis Tanah ( ohm-cm)

A = Jarak Antar Pin (cm)

R = Hambatan Yang terukur (ohm)

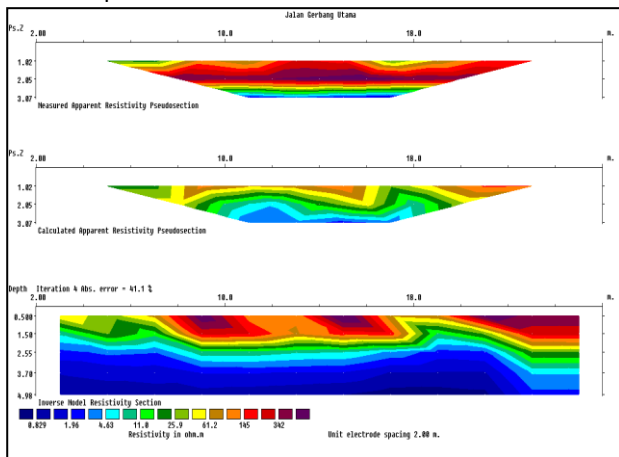
$\pi = 3.14$

Jadi mencari nilai resistivitas tanah dengan menggunakan rumus di atas sebagai berikut: Jalan Gerbang Utama.

$$2 \times 3.14 \times 1000 \times 3.558 = 22.344.24 \Omega/\text{cm}$$

#### 4.1 Resistivitas Tanah Kurang Korosif

Gambar 3 menunjukkan hasil inverse di dapat nilai error terkecil saat diiterasi sampai 4 kali yaitu 41,1 %. Berdasarkan data hasil data yang di dapat nilai resistivitas di bawah permukaan berkisar antara 0.829 ohm sampai 342 ohm.m.



Gambar 3. Hasil Gambar 2D Jalan Gerbang Utama

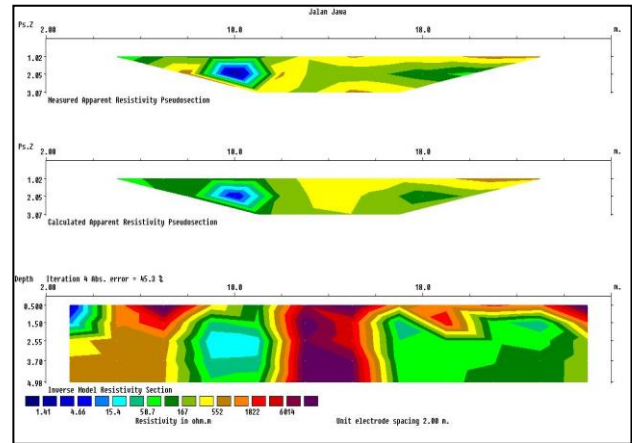
Berdasarkan hasil dari pengolahan data menggunakan Res2dinv menghasilkan penampang 2D pada Gambar 3 yang menunjukkan kedalaman resistivitas semuanya.

Selain itu juga didapat nilai resistivitas yang sebenarnya, penampang tersebut memperlihatkan sensitivitas yang berlapis- lapis. Dapat dilihat pada penampang ini terdapat dua nilai dominan yaitu nilai rendah dan tinggi, untuk nilai rendah memiliki range antara 0.829 hingga 61,6 ohm.m, dan nilai ini terletak pada kedalaman 2,55 hingga 5 m pada DP 18smpai 25 m. Untuk nilai tinggi yaitu 145 hingga 342 ohm.m yang terletak pada kedalaman 0,5 hingga 5 m pada DP 10 hingga 18 m.

Dan dapat di prediksi bahwa lapisan batuan yang terdapat di dalam tanah dengan nilai tahanan jenis antara 0.829 hingga 61.6 ohm.m sebagai lapisan lempung hingga pasir. Dan nilai tahanan jenis antara 145 hingga 342 ohm.m di prediksi sebagai lapisan batuan pasir hingga batuan karang berkapur.

#### 4.2 Resistivitas Tanah Kondisi Korosif

Berdasarkan hasil dari pengolahan data menggunakan Res2dinv menghasilkan penampang 2D pada Gambar 4 yang menunjukkan kedalaman resistivitas semuanya.



Gambar 4. Hasil Gambar 2D Jalan Jawa

Dari hasil inverse di dapat nilai error terkecil saat diiterasi sampai 4 kali yaitu 45,3%. Berdasarkan data hasil data yang di dapat nilai resistivitas di bawah permukaan berkisar antara 1,41 ohm.m sampai 6814 ohm.m.

Dari hasil penampang didapat nilai resistivitas yang sebenarnya, penampang tersebut memperlihatkan sensitivitas yang berlapis- lapis. Dapat dilihat pada penampang ini terdapat dua nilai dominan yaitu nilai rendah dan tinggi, untuk nilai rendah memiliki range antara 1.41 hingga 4.66 ohm.m nilai ini terletak pada kedalaman 0,5 hingga 1,5 m pada DP 1 sampai 10 m. Untuk nilai tinggi yaitu 500 hingga 6014 ohm.m yang terletak pada kedalaman 2.55 hingga 5 m pada DP 10 hingga 20 m.

Dan dapat diprediksi bahwa lapisan batuan yang terdapat di dalam tanah dengan nilai tahanan jenis antara 1.41 hingga 4.66 ohm.m sebagai lapisan lempung hingga pasir. Dan nilai tahanan jenis antara 149 hingga 982 ohm.m di prediksi sebagai lapisan pasir hingga tuff atau sering disebut batuan karang berkapur.

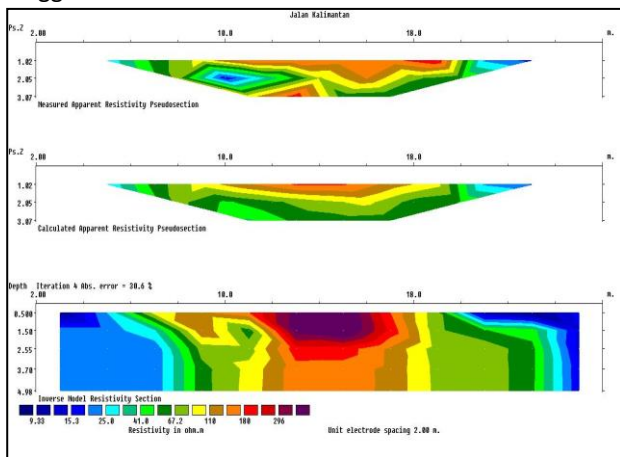
#### 4.3 Resistivitas Tanah Korosif Sedang

Pengolahan data menggunakan Res2dinv menghasilkan penampang 2D pada Gambar 5 yang menunjukkan kedalaman resistivitas semuanya.

Dari Gambar 5 hasil inverse di dapat nilai error terkecil saat diiterasi sampai 4 kali yaitu 30,6 %. Berdasarkan data hasil data yang di dapat nilai resistivitas di bawah permukaan berkisar antara 9.33 ohm sampai 296 ohm.

Gambar 5 juga didapat nilai resistivitas yang sebenarnya, penampang tersebut memperlihatkan sensitivitas yang berlapis- lapis. Dapat dilihat pada penampang ini terdapat dua nilai dominan yaitu nilai rendah dan tinggi, untuk nilai rendah memiliki range antara 9.33 hingga 41.0 ohm.m, dan nilai ini terletak pada kedalaman 0,5 hingga 5,55 m pada DP 2 sampai 10 m. Untuk nilai tinggi yaitu 67,2 hingga 296 ohm.m yang

terletak pada kedalaman 0.5 hingga 5 m pada DP 4 hingga 18 m.



Gambar 6. Hasil Gambar 2D Jalan Kalimantan

Dan dapat diprediksi bahwa lapisan batuan yang terdapat di dalam tanah dengan nilai tahanan jenis antara 9.33 hingga 67.2 ohm.m sebagai lapisan lempung hingga pasir. Dan nilai tahanan jenis antara 110 hingga 296 ohm.m di prediksi sebagai lapisan lempung hingga pasir.

Dari hasil penelitian dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi wenner di 3 titik yaitu di Jalan Gerbang Utama, Jalan Jawa, dan Jalan Kalimantan.

Dalam proses pengambilan data resistivitas tanah tidak jauh berbeda di karenakan lokasi yang saya gunakan untuk proses pengambilan data di sepanjang jalur pipa yang terletak di kawasan kampus bukit indah unimal sehingga nilai resistivitas tanah yang saya peroleh hampir sama di sebabkan karena lokasi pipa yang berdekatan dengan jalan sekeliling kampus yang ditutupi pohon yang rimbun yang kondisinya korosif, korosif sedang dengan kondisi yang sedikit pepohonan dan kurang korosif yang tidak ada sama sekali pohon yang rimbun menutupi daerah tersebut. Adapun total alokasi yang saya ambil nilai resistivitas tanah berjumlah 3 titik dengan setiap titik panjangnya hingga 300 m.

Dan dari hasil inverse di dapat nilai error terkecil saat diiterasi sampai 4 kali yaitu Jalan Jawa 45,3 %, Jalan Kalimantan 40,6 %, Gerbang Utama 41,1 % Berdasarkan data hasil yang dapat terukur bawah permukaan berkisar antara 0.05 m sampai 5 m.

Adapun korosi yang terjadi pada pipa air bersih di kawasan Kampus Unimal Bukit Indah di prediksi mengalami korosi erosi pada pipa bagian dalamnya karena aliran fluida yang sangat cepat. Dan bagian luar pipa diprediksi mengalami korosi regangan karena adanya batuan yang berbeda pada kedalaman 0,5 m sampai 4,5 m.

## 5 Kesimpulan

Dari hasil inverse di dapat nilai error terkecil saat diiterasi sampai 4 kali yaitu Jalan Jawa 45,3 %, Jalan Kalimantan 40,6%, Gerbang Utama 41,1 % . Berdasarkan data hasil yang dapat terukur bawah permukaan berkisar antara 0.05 sampai 5 m. Dan terdapat perbedaan warna dari hasil inversi menerangkan bahwa terdapat perbedaan lapisan batuan di bawah permukaan. Warna biru tua atau pekat menunjukkan bahwa tingkat kelembapan yang lebih tinggi di dibandingkan dengan warna lainnya. Warna merah menunjukan lapisan tersebut terdapat seikit air karena penelitian di lakukan saat 1 hari setelah hujan. Warna biru muda menerangkan bahwa lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas yang rendah keadaan batuan tidak lembab. Dan warna kuning menunjukkan bahwa batuan yang resistivitasnya rendah dan memiliki batuan jenis pasir.

Struktur tanah yang dapat diketahui pada analisa data yaitu: (a) Jalan Jawa dapat di prediksi bahwa lapisan batuan yang terdapat di dalam tanah dengan nilai tahanan jenis antara 1.41 hingga 4.66 ohm.m sebagai lapisan lempung hingga pasir. Dan nilai tahanan jenis antara 149 hingga 982 ohm.m di prediksi sebagai lapisan pasir dan batuan karang berkapur.

(b) Kalimantan dapat di prediksi bahwa lapisan batuan yang terdapat di dalam tanah dengan nilai tahanan jenis antara 9.33 hingga 67.2 ohm.m sebagai lapisan lempung hingga pasir. Dan nilai tahanan jenis antara 110 hingga 296 ohm.m di prediksi sebagai lapisan lempung dan pasir.

(c) Gerbang Utama dapat di prediksi bahwa lapisan batuan yang terdapat di dalam tanah dengan nilai tahanan jenis antara 0.829 hingga 61.6 ohm.m sebagai lapisan lempung hingga pasir. Dan nilai tahanan jenis antara 145 hingga 342 ohm.m di prediksi sebagai lapisan batuan pasir dan batuan karang berkapur.

## Referensi

- [1] Afandi, Yudha Kurniawan, Irfan Syarif Arief, and Amiadji. 2015. "Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating." *Jurnal Teknik Its*
- [2] Anggaretno, Gita. 2012. "Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65." *Jurnal Teknik ITS 1(Corrosion)*
- [3] Chandrasasi, Dian, Runi Asmaranto, Ni Made, and Candra Partarini. 2018. "Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner – Schlumberger Untuk Analisis Rembesan Pada Maimdam Waduk Gleneng , Kabupaten Blora."
- [4] Fontana, Mars G. 1986. "Corrosion Engineering Third Edition." Fontana, Mars G, 1986, Corrosion Engineering Third Edition, New York : Mc Graw- Hill., Corrosion Engineering Third Edition, New York : Mc Graw- Hill.
- [5] Hartono, patria wahyu. 2015. "Pengaruh Variasi Resistivitas Dan Kadar Air Tanah Terhadap Arus Proteksi Sistem Impressed Current Cathodic Protection (Iccp) Pada Pipa Api 5l Grade B Dengan Variasi Goresan Lapis Lindung." *Biomass Chem Eng*

- [6] Hasyim, M U H Binsar. 2017. Fakultas Sains, dan Teknologi. "Analisis Laju Korosi Baja Karbon Rendah Terhadap Lingkungan Atmosferik Kota Makassar."
- [7] Kiswara, Reza, and D. di Caprio. 2009. "Pengukuran Potensial Baja Dengan Multimeter Digital Dan Mikrokontroler Atmega."
- [8] Lund, Abem. 2019. "Modul Pengolahan Data Geolistrik Dengan Res2dinv Pendahuluan." krisnahanjar
- [9] Meryanalinda, and Andi Rustandi. 2014. "Perhitungan Dan Analisis Laju Korosi Dan Sisa Umur Pipa Gas Api 5 L Grade B Menggunakan Standar Asme B . 31 . 8 Dan Api 570 Serta Perangkat Lunak Rstreng Pada Pt . X."
- [10] Okka, Nicholas. 2018. "Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya ."
- [11] Priyantoro, Fedriansyah, Budie Santosa, and Heri Supomo. 2012. "Analisa Pengaruh Luasan Scratch Permukaan Terhadap Laju Korosi Pada Pelat Baja A36."
- [12] Sam. 2010. Alimuddin Ilmu Logam Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. "Analisa Kecepatan Korosi Pipa Galvanis Pada Tanah Dengan Tingkat Kehalusan Yang Berbeda."
- [13] Sanggra Wijaya, Andrias. 2015. "Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah Di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya." Jurnal Fisika Indonesia
- [14] Saputra, Kuncoro. Template Penulisan Artikel V.1 JUTEI(Jurnal Terapan Teknologi Informasi) *JUTEIEdisi No.1 Volume.1 April 2017 ISSN: 2579-3675*
- [15] Sutrisna. 2008. Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta Jl.. "Pengaruh Konsentrasi Larutan Al<sub>2</sub> (So<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - 0,1% Naocl Terhadap Ketahanan Korosi Baja Galvanis Pada Pipa Air Minum."
- [16] Widodo, Edi. 2016. "Analisa Laju Pelapisan Chromming Terhadap Corrosion Rate Baja ST 40." Rekayasa Energi Manufaktur
- [17] Yusuf, Sofyan. 2011. "Laju Korosi Pipa Baja A106 Sebagai Fungsi Temperatur Dan Konsentrasi NaCl Pada Fluida Yang Tersaturasi Gas CO<sub>2</sub>."



## ANALISA PENGARUH PERBANDINGAN FRAKSI BERAT PARTIKEL KAYU SEMARAM DAN PENGIKAT RESIN POLYESTER TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT

Muhammad<sup>1\*</sup>, Reza Putra<sup>1</sup>, Asnawi<sup>2</sup>, Edy Yusuf<sup>2</sup>, Muhammad Sayuti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Material, Universitas Malikussaleh, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Malikussaleh, Indonesia

\*Corresponding Author: muhammad.tm@unimal.ac.id

**Abstract** – Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan bending yang paling optimal dari komposit serbuk kayu dengan variasi fraksi berat serbuk 10% Serbuk Kayu + 90% Resin BQTN 157, 20% serbuk kayu+80% resin BQTN 157 dan 30% serbuk kayu+70% Resin BQTN 157. Untuk Proses pembuatan spesimen uji dengan bahan serbuk kayu dan resin polyester sesuai dengan standar ASTM D790. Komposisi 10%:90% dengan hasil rata-rata 37,814 Kgf untuk beban maksimum dan 0,376 Kgf/mm<sup>2</sup> untuk kekuatan tekan. Nilai kerapatan tertinggi pada material berkomposisi 10% serbuk kayu semaram dan 90% resin adalah 1,193 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk komposisi 20% serbuk kayu semaram dan 80% resin hasil yang didapat 1,046 gr/cm<sup>3</sup>. Dan untuk komposisi 30% serbuk kayu semaram dan 70% resin hasil yang didapat 1,095 gr/cm<sup>3</sup>. Proses pencampuran yang terbaik terjadi pada specimen dengan komposisi 10% serbuk kayu dan 90% resin. Jenis patahan yang terjadi berupa getas

**Keywords:** Uji Bending, Densitas, Pengamatan Mikro, Resin BQTN 157, ASTM D790

### 1 Pendahuluan

Limbah kayu adalah kayu sisa potongan dalam berbagai bentuk dan ukuran yang terpaksa harus dikorbankan dalam proses produksinya karena tidak dapat menghasilkan produk (output) yang bernilai tinggi dari segi ekonomi dengan tingkat teknologi pengolahan tertentu yang digunakan. Limbah kayu yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam proses tertentu, pada waktu tertentu dan tempat tertentu yang mungkin masih biasa dimanfaatkan pada proses dan waktu yang berbeda. Limbah kayu yang dihasilkan industri penggergajian kayu terdiri dari bagian kulit sebesar 20 %, potongan kecil sebesar 14 %, dan serbuk gergajian yang mencapai 11 %. Serbuk gergajian pada umumnya hanya dibakar atau dibuang begitu saja.

Limbah pengolahan kayu tersebut mempunyai potensi untuk dimanfaatkan menjadi produk-produk yang mempunyai nilai tambah dan nilai ekonomis yang tinggi. Salah satu peluang yang dapat dikembangkan

adalah pemanfaatan limbah pengolahan untuk pembuatan papan atau panel yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan yang murah, ringan dan mempunyai kekuatan yang memadai. Hal ini tentunya sangat relevan dengan upaya menciptakan inovasi, karena diharapkan dapat membantu masyarakat dan pemerintah dalam menyediakan bahan bangunan khususnya papan bagi masyarakat. Disamping itu dapat membantu mengatasi persoalan limbah pengolahan kayu yang dapat merusak lingkungan.

Salah satu metode yang diusulkan untuk memanfaatkan limbah pengolahan kayu tersebut adalah dengan membuat papan komposit dengan menggunakan resin polyester sebagai matrik dan serbuk kayu atau tatal sebagai reinforcement (penguatnya). Sifat-sifat papan komposit tersebut sangat dipengaruhi oleh banyaknya serbuk kayu yang digunakan, sehingga perlu diteliti pengaruh jumlah fraksi berat serbuk kayu dalam komposit resin/ serbuk kayu terhadap sifat fisis

dan mekanis.

Penelitian juga dapat dikembangkan untuk membuat komposit sandwich dimana komposit resin/serbuk kayu yang telah dibuat, digunakan sebagai core (inti) dan dilapisi dengan skin (kulit) yang dapat menggunakan bahan lain seperti plywood atau lembaran aluminium. Komposit sandwich ini diharapkan mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan komposit resin/serbuk kayu saja, karena penambahan skin pada kedua permukaan core sehingga membentuk sandwich diharapkan dapat meningkatkan kekuatan bending-nya.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jumlah variasi fraksi berat partikel serbuk kayu Semaram dalam dan resin sebagai pengikatnya terhadap sifat fisis dan mekanis komposit.

Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh kekuatan bending yang paling optimal dari komposit serbuk kayu dengan variasi fraksi berat serbuk 10% Serbuk Kayu + 90% Resin BQTN 157, 20% serbuk kayu+80% resin BQTN 157 dan 30% serbuk kayu+70% Resin BQTN 157

Selanjutnya Untuk mengetahui nilai kerapatan massa dari material serbuk kayu dengan melakukan pengujian densitas serta mengetahui proses pencampuran yang terbaik dari tiga macam variasi spesimen uji melalui pengamatan struktur mikro.

## 2 Kajian Pustaka

Aswar (2009), telah melakukan penelitian menggunakan pengisi (filler) alamiah dari serbuk kayu keras dan kayu lunak dengan matrik polimer dari jenis resin polyester tak jenuh dan katalis asam sebagai pengeras. Penelitian dilakukan bertujuan mendapatkan suatu material komposit serbuk kayu serat pendek dengan orientasi acak randomly yang lebih unggul dari segi sifat mekaniknya sebagai bahan dasar perencanaan alat-alat teknik sederhana. Hasil pengujian menunjukkan komposit dengan filler dari jenis serbuk kayu lunak dengan komposisi dan ukuran filler 10 % fraksi volume dan 0.4 mm mengalami peningkatan sifat mekanik yang paling baik yaitu: kekuatan tarik 0,0722 kN/mm<sup>2</sup>, regangan 1.703 % dan modulus elastisitas 0,0424 kN/mm<sup>2</sup>.

Dodi Susandra (2014), telah melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh persentase serbuk gergaji terhadap kekuatan fisis dan mekanis paving blok. Penelitian ini menggunakan 5 perlakuan dan 4 kali ulangan. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap . Perlakuan yang diberikan yaitu : A = serbuk gergaji 0%, B = serbuk gergaji 5%, C = serbuk gergaji 10%, D = serbuk gergaji 15% dan E = serbuk gergaji 20%. Perubahan yang diamati adalah kerapatan, kadar air, penyerapan air dan kuat tekanan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kerapatan

tiap paving blok mengalami penurunan, kadar air dan penyerapan air tidak mempengaruhi paving blok dengan pemakaian serbuk gergaji kayu yang semakin meningkat dan kuat tekanan dari paving blok lantai mengalami penurunan dengan semakin banyaknya persentase serbuk gergaji kayu yang dikandung.

Achmad Basuki (2013), telah melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan, kuat geser dan kuat lekat dari material penambal dengan harapan dapat meningkatkan kembali kekuatan kayu yang berkurang akibat lubang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif atau eksperimen, yaitu membuat benda uji dengan mencampurkan serbuk kayu, yaitu serbuk gergaji, serbuk ketam dan serbuk amplanan serta resin dan hardener sebagai perekat. Perbandingan yang digunakan yaitu kadar filler sebesar 25%, 50% dan 75% dari total kebutuhan serbuk kayu, sedangkan kadar hardener sebesar 75% dan 100% dari kadar resin. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapat hasil kuat tekan yang paling rendah 20,28 MPa pada benda uji dengan kadar hardener 75% dan kadar filler 25%. Kuat tekan paling tinggi 31,79 MPa pada benda uji dengan kadar hardener 100% dan kadar filler 25%. Kuat geser yang paling rendah 2,07 MPa pada benda uji dengan kadar hardener 75% dan kadar filler 75%. Kuat geser paling tinggi 18,42 MPa pada benda uji dengan kadar hardener 100% dan kadar filler 75%. Kuat lekat yang paling rendah 0,78 MPa pada benda uji dengan kadar hardener 75% dan kadar filler 75%. Kuat lekat paling tinggi 8,94 MPa pada benda uji dengan kadar hardener 100% dan kadar filler 75%.

Dini Cahyandari (2007), telah melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah serbuk kayu untuk pembuatan papan partikel. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa penggunaan serbuk kayu keras dan (Adhesive) dari bahan phenol formaldehyde mempunyai sifat mekanik yang paling baik yaitu mempunyai kekuatan tarik 0.46 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tekuk : 17.26 N/mm<sup>2</sup> dibandingkan penggunaan bahan lainnya.

## 3 Metode Penelitian

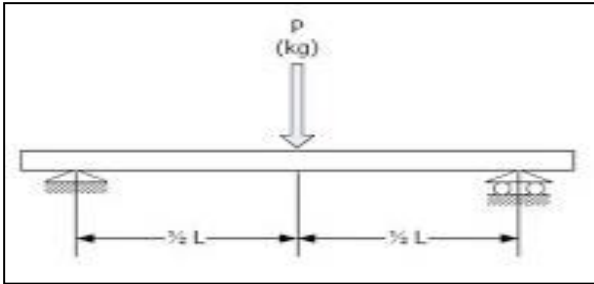
### 3.1 Variabel Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen dan variabel yang ada terbagi atas:

1. Variabel bebas (independent variable), merupakan variabel yang tidak tergantung atau terpengaruh oleh variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi fraksi berat.
2. Variabel tetap merupakan variabel yang terikat atau terpengaruhi oleh variabel lain. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah hasil limbah serbuk kayu, dan uji bending dengan menggunakan standar ASTM D790.

### 3.2 Pengujian Bending

Pengujian lengkung merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang dilakukan terhadap specimen dari bahan baik bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan lengkung maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pelengkuan (bending) merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan. Dengan pembebanan ini bahan akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada saat yang bersamaan. Dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Metode Uji Bending

### 3.3 Pengukuran Densitas dan Foto Mikro

Pengamatan mikro adalah Pengujian dengan menggunakan mikroskop, dengan melakukan pengamatan pada permukaan specimen menggunakan pembesaran. Specimen terlebih dahulu dilakukan preparasi dengan melakukan penghalusan permukaan menggunakan amplas secara bertahap. Tujuan dari pengamatan struktur mikro adalah untuk melihat (void) yang terdapat pada specimen komposit.

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan setelah proses pembuatan komposit serbuk kayu semaram dengan matriks resin, guna untuk mengetahui besarnya kekuatan komposit dengan berbeda komposisi serbuk. Berdasarkan hasil pengujian bending yang telah dilakukan dengan menggunakan standart ASTM D-790, maka dapat dikelompokkan specimen pencampuran serbuk kayu semaram dan matriks (resin) dengan komposisi 10% serbuk kayu : 90% resin, 20% serbuk kayu 80% resin dan 30% serbuk kayu : 70% resin.

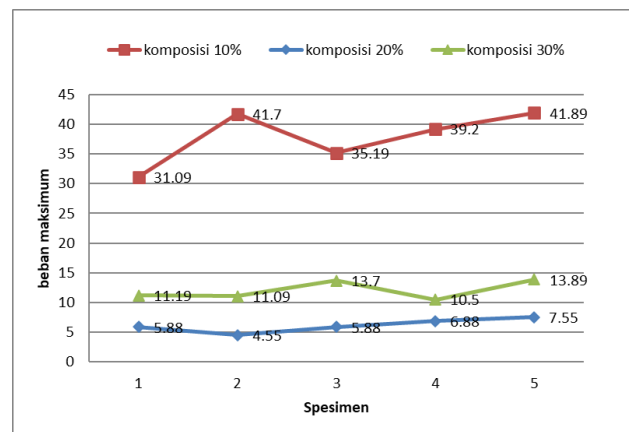
Dari hasil pengujian bending yang telah dilakukan terhadap 5 specimen uji dengan komposisi serbuk kayu 10% dan resin 90%. Beban terendah terdapat pada specimen uji nomor 1 dengan nilai 31,09 Kgf, dan nilai kekuatan patahan 0,31 Kgf/mm<sup>2</sup>. Beban tertinggi terdapat pada specimen uji nomor 5 dengan nilai 41,89 kgf, dan nilai kekuatan patahan 0,41 Kgf/mm<sup>2</sup>. Beban maksimum rata-rata dengan nilai 37,814 Kgf, dan nilai

kekuatan patahan rata-rata memiliki nilai 0,376 Kgf/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian bending yang telah dilakukan terhadap 5 specimen uji dengan komposisi serbuk kayu 20% dan resin 80%. Beban terendah terdapat pada specimen uji nomor 2 dengan nilai 4,55 Kgf, dan nilai kekuatan patahan 0,05 Kgf/mm<sup>2</sup>. Beban tertinggi terdapat pada specimen uji nomor 5 dengan nilai 7,55 Kgf, dan nilai kekuatan patahan 0,08 Kgf/mm<sup>2</sup>. Beban maksimum rata-rata dengan nilai 6,148 Kgf, dan nilai kekuatan patahan rata-rata memiliki nilai 0,052 Kgf/mm<sup>2</sup>.

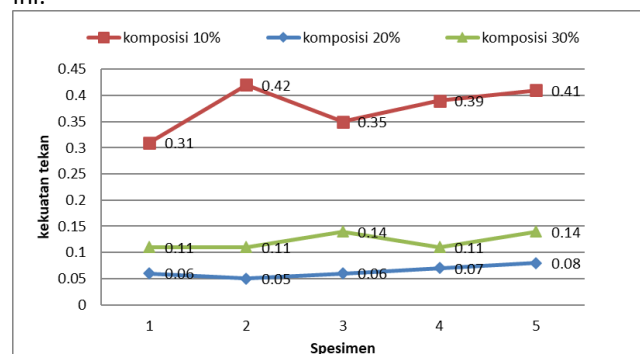
Dari hasil pengujian bending yang telah dilakukan terhadap 5 specimen uji dengan komposisi serbuk kayu 30% dan resin 70%. Beban terendah terdapat pada specimen uji nomor 4 dengan nilai 10,50 Kgf, dan nilai kekuatan patahan 0,11 Kgf/mm<sup>2</sup>. Beban tertinggi terdapat pada specimen uji nomor 5 dengan nilai 13,89 Kgf, dan nilai kekuatan patahan 0,14 Kgf/mm<sup>2</sup>. Beban maksimum rata-rata dengan nilai 12,074 Kgf dan nilai kekuatan patahan rata-rata memiliki nilai 0,122 Kgf/mm<sup>2</sup>.

Grafik perbandingan beban maksimum dari setiap specimen uji dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Beban Maksimum

Grafik perbandingan kekuatan tekan dari setiap specimen uji dapat dilihat juga pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Kekuatan Tekan

#### 4.2 Pengujian Densitas

Untuk mengetahui nilai kerapatan komposit serbuk kayu semaram dengan komposisi serbuk kayu 10% resin 90%, serbuk kayu 20% resin 80% dan serbuk kayu 30% resin 70%, masing-masing komposit tersebut dipotong dengan ukuran panjang 20 mm lebar 20 mm dan tinggi 5 mm. Hasil dari pengujian densitas dari setiap specimen dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Densitas

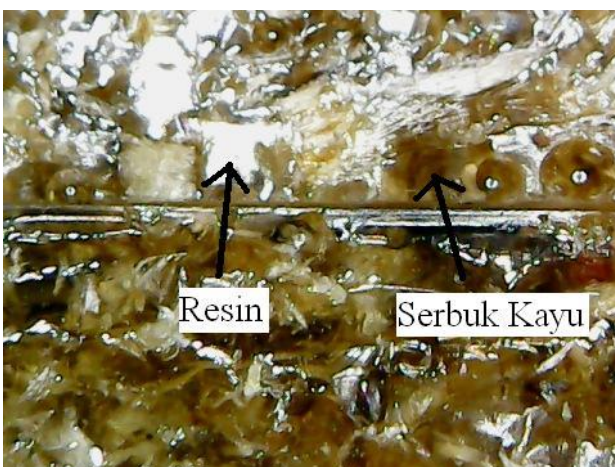
No	Kerapatan Setiap Spesimen		
	Komposisi 10%	Komposisi 20%	Komposisi 30%
1	1,185 gr/cm <sup>3</sup>	1,07 gr/cm <sup>3</sup>	1,115 gr/cm <sup>3</sup>
2	1,23 gr/cm <sup>3</sup>	1,03 gr/cm <sup>3</sup>	1,105 gr/cm <sup>3</sup>
3	1,19 gr/cm <sup>3</sup>	1,04 gr/cm <sup>3</sup>	1,08 gr/cm <sup>3</sup>
4	1,17 gr/cm <sup>3</sup>	1,045 gr/cm <sup>3</sup>	1,08 gr/cm <sup>3</sup>
Rata-Rata	1,193 gr/cm <sup>3</sup>	1,046 gr/cm <sup>3</sup>	1,095 gr/cm <sup>3</sup>

Dari ketiga jenis specimen uji densitas, maka didapatkan hasil kerapatan tertinggi pada komposisi 10% serbuk kayu semaram dan 90% resin dengan hasil 1,193 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk komposisi 20% serbuk kayu semaram dan 80% resin hasil yang didapat 1,046 gr/cm<sup>3</sup>. Dan untuk komposisi 30% serbuk kayu semaram dan 70% resin hasil yang didapat 1,095 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3 Pengamatan Struktur Mikro

Berdasarkan hasil dari pengamatan struktur mikro pada specimen serbuk kayu yang telah diuji bending maka terlihat retakan getas pada permukaan specimen tersebut yang disebabkan oleh proses pencampuran serbuk kayu dengan resin. Alat yang digunakan untuk melakukan pengamatan struktur mikro yaitu menggunakan Digital Microscope Cooling Tech.

Hasil dari pengamatan struktur mikro tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini. Dimana serbuk kayu tercampur secara merata kedalam resin sehingga tidak banyak terdapat gelembung udara (void) yang menyebabkan specimen mudah patah atau kekuatannya berkurang.



Gambar 4. Foto Makro pada 10% serbuk kayu

Pada komposit ini serbuk kayu berperan sebagai

penambah, semakin banyaknya serbuk kayu yang bercampur dengan resin maka kekuatan bendungnya semakin berkurang.

Berdasarkan pengamatan struktur mikro proses pencampuran yang terbaik terjadi pada specimen dengan komposisi 10% serbuk kayu 90% resin.

## 5 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian bending dengan variasi fraksi berat 10%:90%, 20%:80%, dan 30%:70% maka didapatkan hasil terbaik yaitu pada komposisi 10:90% dengan hasil rata-rata 37,814 Kgf untuk beban maksimum dan 0,376 Kgf/mm<sup>2</sup> untuk kekuatan tekan.

Dari ketiga jenis specimen uji densitas, maka didapatkan hasil kerapatan tertinggi pada komposisi 10% serbuk kayu semaram dan 90% resin dengan hasil 1,193 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk komposisi 20% serbuk kayu semaram dan 80% resin hasil yang didapat 1,046 gr/cm<sup>3</sup>. Dan untuk komposisi 30% serbuk kayu semaram dan 70% resin hasil yang didapat 1,095 gr/cm<sup>3</sup>.

Hasil dari pengamatan struktur mikro, proses pencampuran yang terbaik terjadi pada specimen dengan komposisi 10% serbuk kayu 90% resin. Jenis patahan yang terjadi ialah getas. proposed to use two languages namely English and Indonesian. As Indonesian is relatively close, the author(s) should use properly Indonesian.

## References

- Lies Banowati. (2017). *Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik*. Infomatek Volume 19 Nomor 2 Desember 2017 : 57 – 64.
- Dita Novi Susanti. (2018). *Pengaruh Variasi Panjang Serat Nanas Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Komposit Polyester - Serat Nanas*. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Muhammad azman. (2018). *Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Abaca Menggunakan Resin Bqtn 157-EX*. Teknik Mesin Universitas Malikussaleh.
- Azwar (2009), *Studi perilaku mekanik komposit berbasis polyester yang diperkuat dengan partikel serbuk kayu keras dan lunak*.
- Dodi susandra (2014), *studi pemanfaatan serbuk kayu sebagai bahan baku pembuatan paving blok*.
- Achmad basuki (2013), *campuran serbuk gergaji, serbuk ketam dan serbuk amplas kayu jati dengan perekat resin dan hardener sebagai bahan perbaikan kayu*.
- Dini cahyandari (2007), *pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan dasar pembuatan papan partikel*.
- Sugeng slamet (2013), *karakterisasi komposit dari serbuk gergaji dengan proses hotpress sebagai bahan baku papan partikel*.

- Gibson RF. (1994), *Principles Processing and Composite Material*. Mc-Granhill Book Company, New York.
- Jones RM. (1975), *Mechanics of Composite Materials*. Scripta Book, Company Washington DC.
- Schwartz MM. (1996), *Composite Meterials Polimers, Ceramics and Metal Matrices*. Prentice-Hall, USA.
- ASTM, (2006), *Standards and Literature References for Composite Materials*, "American Society for Testing and Materials", Philadelphia, PA.



**Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology (MJST)**

Mechanical Engineering Laboratory, 2<sup>nd</sup> Floor, Kampus Bukit Indah, Universitas Malikussaleh  
Jl. Kompleks Bukit Indah, Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh, Indonesia, 24352

E-mail: [mjmst@unimal.ac.id](mailto:mjmst@unimal.ac.id) | <https://ojs.unimal.ac.id/mjmst>

Printed ISSN **2337-6945**. Online ISSN **2828-2922**

**Published by:** Department of Mechanical Engineering, Malikussaleh University.

**Website:** <https://tm.unimal.ac.id>