

POWERPLANT

Arief Suardi Nur Chairat
Vendy Antono

Rancang Bangun Metode Pembelajaran Praktikum
CAD/CAM Dengan Menggunakan Perangkat Lunak
Gratis

Hendri
Suhengki
Panji Ramadhan

Analisa Efisiensi Boiler Dengan Metode Heat Loss
Sebelum dan Sesudah Overhoul PT. Indonesia Power
UBP PLTU Lontar Unit 3

Eko Sulistyo
Fadel Muhammad

Analisis Kekuatan Pipa Glass-Fiber Reinforced Epoxy
Terhadap Beban Impak, Beban Tekuk, dan Beban
Tekan di JOB Pertamina-PetroChina East Java

Roswati Nurhasanah

Pengaruh Penggunaan LSHX terhadap Performance
Mesin Pendingin Dengan Laju Aliran Massa yang
Sama Pada Kondisi Transient

Utami Wahyuningsih
Kartiko Eko Putranto
Edy Supriyadi

Strategi Pengembangan dan Pelayanan Industri Optik
Untuk Meningkatkan Minat Pelanggan Agar Kembali
(Studi Optik XYZ Bekasi)

Suhengki
Prayudi

Pengaruh Beban Pendingin terhadap Kinerja Mesin
Pendingin Dengan refrigerant R134a dan MC134

Prayudi
Hendri
Dimas Indra Wijaya

Analisis Performa Kondensor Sebelum dan Sesudah
Overhoul di PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar
Banten Unit 3



9 772356 151002

SEKOLAH TINGGI TEKNIK-PLN

JURNAL POWERPLANT

Vol. 4

No. 4

Halaman
211-287

Mei
2017

ISSN
2356-1513

ANALISIS KEKUATAN PIPA *GLASS-FIBER REINFORCED EPOXY* TERHADAP BEBAN IMPAK, BEBAN TEKUK, DAN BEBAN TEKAN DI JOB PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA

Eko Sulistiyo¹⁾ dan Fadel Muhamad²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin STT-PLN
email: ekosalma123@yahoo.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin STT-PLN
email: fadelmuhamad93@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study aims to determine the strength of the pipe Glass-fiber Reinforced Epoxy due to impact load, bending load, compression load and be able to analyze the failure potential of the shear stress on the pipe inner wall due to the fluid flow in it. Some test has been done, there are impact test with notched Charpy method (ISO 179-10), 3-point bending test (ASTM D 790-15), and the compression test (ASTM D 695-15). Volume fraction of Glass-fiber Reinforced Epoxy pipe for the Glass-fiber (E-glass) is $\pm 72.85\%$ and for the Epoxy (Bisphenol A) is $\pm 27.15\%$. The orientation angle is 54.75° (continued) and the pipe was made by the helical filament winding method. The test results showed the impact strength is $190.10 \pm 20.95 \text{ kJ} / \text{m}^2$, the bending strength is $115.16 \pm 5.50 \text{ N} / \text{mm}^2$, and the compression strength is $259.48 \pm 11.85 \text{ N} / \text{mm}^2$. It is much larger than the calculation of shear stress on the wall of the pipe that assumed. In other word the pipe is safe from failure potential of the shear stress on the pipe inner wall due to the fluid flow in it.

Keywords: *Glass-fiber Reinforced Epoxy Pipe, Impact Test, Bending Test, Compression Test.*

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi, maka ditemukan material bukan logam yang dapat dimanfaatkan untuk industri yang mempunyai keuntungan seperti lebih ringan, kekuatannya dapat diatur sesuai kebutuhan, biaya relatif lebih murah, dan yang terpenting adalah tahan terhadap fluida maupun lingkungan yang bersifat korosif. Material yang dimaksud adalah material komposit. Material logam umumnya digunakan sebagai material pipa, tetapi banyak pertimbangan yang dilakukan mengingat korosi merupakan kendala besar dalam sistem perpipaan.

Salah satu material pipa non-logam yang penggunaannya mulai banyak diaplikasikan didunia industri adalah pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* yang tersusun dari kombinasi serat (*fiber*) jenis *E-Glass* dan resin (*matrix*) jenis *Epoxy*. Karakteristik sifat mekanik dan fisik yang unik dari *Glass-fiber Reinforced Epoxy* menjadikannya salah satu alternatif pemilihan bahan dari pipa untuk sistem perpipaan industri.

Salah satu cara untuk mengetahui kekuatan mekanik material dalam dunia teknik adalah

dengan mengetahui kekuatan material terkait jika diberi beban impak, beban tekuk dan beban tekan. Maka perlu dilakukan pengujian dan perhitungan potensi kegagalan yang dapat terjadi yang tentunya merupakan salah satu dasar pertimbangan dalam pemilihan bahan untuk pipa di dunia industri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENGERTIAN KOMPOSIT

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit).

2.1. JENIS KOMPOSIT

Jenis komposit di dunia industri terbilang cukup banyak. Klasifikasinya dapat berdasarkan matriks, struktur, dan penguatnya.

2.2.1. Berdasarkan Matriks

Berdasarkan matriks dapat dikelompokkan menjadi 3 (Gibson, 1994): (1) *Metal Matriks*

Composite (menggunakan matriks logam). (2) *Ceramic Matriks Composite* (menggunakan matriks *ceramic*). (3) *Polymer Matriks Composite* (menggunakan matriks *polymer*)

2.2.2. Berdasarkan Struktur

1. *Fiber Composite* (serat sebagai penguat).
2. *Flake Composite* (terdapat *flake* dalam matrik)
3. *Particulate Composite* (dalam matrik komposit ditambahkan suatu *constituent* tambahan).
4. *Filled Composite* (penambahan material ke dalam matrik dengan struktur 3 dimensi).
5. *Laminar Composite* (komposit dengan *layer*).

2.2.3. Berdasarkan Penguat

1. Komposit Partikel (menggunakan partikel/butiran sebagai *filler*)
2. Komposit (menggunakan matriks dan serat).
3. Komposit Berlapis (menggunakan material yang direkatkan)

2.2. MATERIAL PIPA GLASS-FIBER REINFORCED EPOXY

Pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* mempunyai sifat mekanik, dan berikut adalah faktor yang mempengaruhinya (Hermanto, 2006):

- a. Jenis dari serat
- b. Jenis dari *matrix*
- c. Rasio antara serat dan resin dalam komposit
- d. Orientasi dari serat dalam komposit
- e. Metode pembuatannya.

Beberapa keuntungan dari Pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* adalah sebagai berikut :

1. Anti korosi.
2. *Strength to weight ratio*.
3. Sangat ringan.
4. Murah perawatannya.

2.3.1. Serat (Fiber) Serat adalah komponen utama yang berfungsi menahan beban, sehingga semakin banyak serat akan semakin kuat.

2.3.1.1. Orientasi Susunan Serat

Ada tiga jenis umum orientasi susunan serat :

- a. *Unidirectional*, arah serat searah.
- b. *Bidirectional*, mempunyai dua arah, membentuk sudut, dan kekuatannya berada di orientasi serat.

- c. *Multidirectional*, banyak arah serat saling memotong.

2.3.1.2. Jenis serat

Jenis glass-fiber yang sering digunakan antara lain (Nugroho, 2007):

- a. *E-Glass*, resisten terhadap air
- b. *C-Glass*, resisten terhadap asam
- c. *S-Glass*, tegangan dan regangannya tinggi

2.3.1.3. Bentuk Glass-fiber Reinforcement

- a. *Continuous roving* mempunyai sifat mekanis yang baik, umumnya dalam pembuatan pipa dengan sistem *filament winding*.
- b. *Woven Roving* adalah *Continous Roving* yang ditenun/dianyam.
- c. *Reinforcing Mats* adalah kepingan dari helaian *glass-fiber* yang disatukan bersama dengan perekat khusus.
- d. *Surface Veil* adalah glass-fiber yang sangat ringan tetapi rendah kekuatannya.

2.3.2. Resin (Matrix) adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian penting dalam hasil akhir komposit. Resin mempunyai fungsi sebagai berikut: (a) Mentransfer tegangan ke serat, (b) Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat, (c) Melindungi serat, (d) Memisahkan serat, (e) Melepas ikatan, dan (f) Tetap stabil setelah proses manufaktur.

2.3.2.1 Jenis Sistem Resin

Terdapat dua jenis dari sistem resin yang sering digunakan (Sudira, 1985) :

- a. *Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas.
- b. *Thermoset* adalah polimer yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*).

2.3.2.2. Resin Untuk Pipa Glass-fiber Reinforced

Thermosetting resin yang digunakan untuk pembuatan produk pipa *Glass-fiber Reinforced* pada umumnya dibagi menjadi dua kategori, yaitu

1. *Polyester Resin* merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset.
2. *Epoxy Resin* pada umumnya digunakan untuk mengangkut air, kondensasi, hidrokarbon, soda api, dan zat asam ringan/encer.

2.3.3. Komponen Tambahan

1. *Filler* adalah (material yang memberikan nilai ekonomis, penampilan dan performa yang baik).
2. *Promoter* dan *accelerator* (mempercepat proses pembentukan)
3. *Pigment* (memperindah tampilan dari *glass-fiber*).
4. *Gelcoat* (lapisan pelindung)
5. *Katalis* (membantu proses pengeringan).

2.4. PROSES PEMBUATAN PIPA GLASS-FIBER REINFORCED EPOXY

Proses pembuatan pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* dilakukan dengan suatu metode yang disebut *helical filament winding*. *Helical filament winding* adalah proses pengisian lilitan hamparan sejumlah serat penguat dengan resin (*matrix*), dimana pengisian lilitan serat tersebut yang dibasahi pada suatu *roller* dibawah putaran yang dikendalikan pada suatu pola yang telah ditentukan, yang kemudian diulangi sesuai dengan yang ditetapkan pada suatu konstruksi *layer* untuk mencapai ketebalan dinding yang diinginkan.

2.5. TEGANGAN DAN REGANGAN PADA MATERIAL

2.5.1. Tegangan Material

Besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan (*stress*).

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang}} \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Dimana: σ = Tegangan (N/m² atau Pascal (Pa))

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (m²).

2.5.2. Regangan Pada Material didefinisikan sebagai hasil bagi antara pertambahan panjang dengan panjang awal.

$$\text{Regangan} = \frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang mula-mula}} \text{ atau } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.2)$$

dimana: ΔL = perubahan;

L = panjang awal

2.5.3. Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan.

Hubungan tegangan-regangan dimana hubungan linearnya terjadi pada nilai tegangan yang rendah (hukum *Hooke* berlaku) dan setelah nilai tegangannya naik maka hubungannya tidak linear lagi, sehingga hukum *Hooke* tidak berlaku.

2.6. ALIRAN FLUIDA PADA PIPA

2.6.1. Bilangan Reynold dan Jenis Aliran.

Rasio antara gaya inersia (vsp) terhadap gaya viskos (μ/L) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu disebut Bilangan Reynold. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran yang berbeda yakni aliran laminar, aliran transisi atau aliran turbulen. Rumus bilangan Reynolds diberikan sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (2.3)$$

dimana:

v = kecepatan fluida

d = diameter pipa

μ = viskositas fluida

ρ = kerapatan (densitas) fluida.

Aliran fluida pada pipa dapat di bagi menjadi tiga jenis, yakni aliran laminar ($<2000Re$), transisi ($2000 > Re < 4000$), dan turbulen (>4000). (Nurhasanah, 2014)

2.6.2. Tegangan Geser Dalam Pipa & Penurunan Tekanan Akibat Friksi.

Tegangan geser untuk aliran turbulen adalah fungsi dari kerapatan fluida, ρ . Sebaliknya tegangan geser tidak tergantung pada kerapatan, hanya viskositas yang menjadi sifat fluida yang penting untuk aliran laminar.

Persamaan *Darcy-weisbach* dirumuskan sebagai berikut untuk mengukur penurunan tekanan yang di sebabkan oleh gesekan pada pipa lurus panjang dan seragam.

$$\Delta P = 2 f (L/D) (\rho \cdot v^2) \quad (2.4)$$

Dimana:

ΔP = Penurunan tekanan

D = Diameter pipa

L = Panjang pipa

V = Kecepatan aliran

f = Faktor friksi

ρ = Massa jenis fluida

Untuk menentukan faktor friksi, dapat menggunakan Diagram *Moody* dengan terlebih dahulu mengetahui Bilangan Reynold dan kekasaran relatifnya. Perhitungan faktor friksi dengan aliran laminar, menggunakan rumus:

$$f = 64/Re \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk perhitungan faktor friksi dengan aliran turbulen dengan Bilangan Reynold <10000 dan kekasaran relatif pipa dianggap halus, digunakan persamaan Blasius:

$$f = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (2.6)$$

Sehingga dari penurunan tekanan akibat friksi tersebut kita dapat mengetahui tegangan geser pada dinding dalam pipa akibat alirannya dengan rumus (Goodswill & Sleigh, 2008):

$$T_w = \frac{\Delta P \cdot d}{4 \cdot L} \quad (2.7)$$

Dimana:

T_w = Tegangan geser pada dinding dalam pipa akibat aliran

ΔP = Penurunan tekanan

D = Diameter pipa

L = Panjang pipa

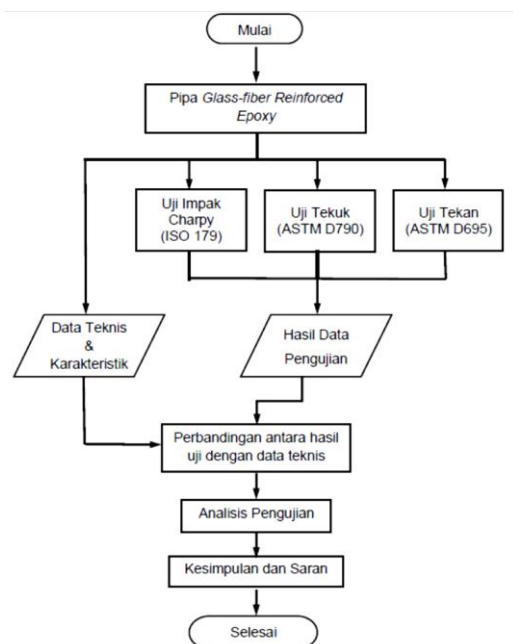
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif, Karena mendeskripsikan kekuatan pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* terhadap beban impak, beban tekuk, beban tekan, serta keandalannya terhadap potensi kegagalan.

3.2 KERANGKA PEMECAHAN MASALAH

Untuk mempermudah pemahaman maka digunakan *flow chart* sebagai berikut:



Gambar 3.1. Flow Chart Metodologi

3.3 TEKNIK PENGUMPULAN DATA

3.3.1 Data Primer diperoleh dari pengujian-pengujian yang dilakukan di Sentra Teknologi Polimer (STP) – BPPT, PUSPIPTEK, Serpong, Banten.

3.3.1.1 Pengujian Impak (Charpy Impact Test)

Tabel 3.1 Kondisi dan Parameter Pengujian *Impact Resistance* pada GRE

No	Item	Kondisi	
1.	Standard Uji	ISO 179-10	
2.	Spesimen Uji	Glass Fiber Reinforced Epoxy	
3.	Bentuk Spesimen	8 x 12 x 80 mm	
4.	Pengkondisian sampel sebelum Uji	Temperatur : 23 ⁰ C Kelembaban : 50%	Durasi : 48 jam
5.	Kondisi Ruang Uji	Temperatur : 22,4 ⁰ C Kelembaban : 53%	
6.	Parameter Uji	Pendulum : 25 J Hasil : <i>Impact Strength</i>	
7.	Alat Uji	Resil Impactor CEAST	

3.3.1.2 Pengujian Tekuk (Three-Point-Bend Test)

Tabel 3.2 Kondisi dan Parameter Pengujian *Bending* pada GRE

No	Item	Kondisi	
1.	Standard Uji	ASTM D 790-15	
2.	Spesimen Uji	Glass Fiber Reinforced Epoxy	
3.	Bentuk Spesimen	(12 x 13 x 210) mm	
4.	Pengkondisian sampel sebelum Uji	Temperatur: 23 ⁰ C Kelembaban: 50%	Durasi : 48 jam
5.	Kondisi Ruang Uji	Temperatur : 22 ⁰ C Kelembaban : 58,7%	
6.	Parameter Uji	Kecepatan Tarik : 5,402 mm/menit Hasil : <i>Bending Strength</i>	
7.	Alat Uji	Shimadzu AGS Plus-50kN	

3.3.1.3 Pengujian Tekan (Compression Test)

Tabel 3.3 Kondisi dan Parameter Pengujian *Compression* pada *GRE*

No	Item	Kondisi
1.	Standard Uji	ASTM D 695 - 15
2.	Spesimen Uji	Glass Fiber Reinforced Epoxy
3.	Bentuk Spesimen	(13 x 14 x 24) mm
4.	Pengkondisian sampel sebelum Uji	Temperatur : 23⁰C Kelembaban : 50% Durasi : 48 jam
5.	Kondisi Ruang Uji	Temperatur : 22,4⁰C Kelembaban : 53%
6.	Parameter Uji	Kecepatan Tarik: 1,3 mm/menit Hasil : Compression Strength
7.	Alat Uji	Shimadzu AGS Plus - 50kN

3.3.2 Data Sekunder diperoleh dari JOB Pertamina-Petrochina East Java selaku pemilik pipa. Berikut adalah tabel dari *data sheet* pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy*:

Tabel 3.4 *Data Sheet* Pipa *GRE*

Material Pipa	<i>Glass-fiber Reinforced Epoxy</i> (API 15 HR)	
Fraksi Volume	1. Resin : Epoxy (<i>Bisphenol A</i>) ±27.15% 2. Serat : E-Glass ±72.85%	
Ukuran Pipa	- Diameter dalam: 254mm - Diameter luar (min): 278.8mm - Tebal pipa (min): 14.4mm - Panjang pipa <i>max</i> per batang (<i>pin/box</i>): 10000mm	
Desain Tekanan Max	1500 Psig	
Sambungan	Ulir	
Metode	<i>Helical Filament Winding</i>	
Sudut dan Orientasi	54.75° (<i>Continued</i>)	
Suhu Pengeringan	138.55°C	
Data Lapangan	- Fluida : Air formasi - Densitas: 1000 kg/m³ - Debit: 7000-10000 BWPD - Viskositas : 1 x 10⁻³ N s/m²	
Hoop Tensile Strength (ASTM D2290)	: 210 MPa	
Axial Tensile Strength (ASTM D2105)	: 65 MPa	
Minimum Pipe Stiffness (ASTM D2412)	: 10000 Pa	

3.4. TEKNIK PENGOLAHAN DATA

Parameter yang didapat dari pengujian digunakan sebagai perbandingan nilai kekuatan. Sedangkan untuk pengolahan data sekunder dilakukan perhitungan tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa terkait dengan aliran di dalam pipa.

3.5. TEKNIK ANALISIS DATA

Analisis data dilakukan dengan memperhitungkan nilai kekuatan masing-masing pengujian serta fenomena-fenomena yang terjadi, serta tegangan geser yang terjadi pada pipa terkait aliran fluidanya dilihat dari data sekunder.

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1. HASIL PENGOLAHAN DATA PRIMER

Dari pengujian-pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data hasil pengujian impak *charpy*

Size	Span	Energy	Impact Strength
mm	mm	J	kJ/m ²
8 x 12 x 80	62	25	190,10 ± 20,95

Speed	3,7 m/s	Standard	ISO 179-10
-------	---------	----------	------------

Tabel 4.2. Data hasil pengujian tekuk 3 titik

Name	Thick-ness	Width	Lower Support	Max Force	Max Stress
Parameters				Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	mm	mm	mm	N	MPa
Specimen 1	12.540	13.030	200.640	782.315	114.908
Specimen 2	12.050	13.490	192.800	764.847	112.924
Specimen 3	13.350	14.450	213.600	954.263	118.722
Specimen 4	13.010	13.760	208.160	908.415	121.787
Specimen 5	12.360	12.780	197.760	707.165	107.444
Average	12.662	13.502	202.592	823.401	115.157
Standard Deviation	0.51843	0.65374	8.29489	103.658	5.50465

Speed	5.402 mm/min	Standard	ASTM D790-15
-------	--------------	----------	--------------

Tabel 4.3. Data hasil pengujian tekan

Name	Thick-ness	Width	Height	Max Force	Max Stress
Para-meters				Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	mm	mm	mm	N	MPa
Specimen 1	14.2100	14.5100	23.5500	49562.0	240.374
Specimen 2	12.5500	14.5400	24.4900	49836.2	273.110
Specimen 3	13.4600	14.2700	23.8000	50005.7	260.346
Specimen 4	13.0000	14.7000	23.6200	50019.1	261.743
Specimen 5	13.1900	14.3700	23.3700	49621.7	261.800
Average	13.2820	14.4780	23.7660	49808.9	259.475
Standard Deviation	0.61577	0.16514	0.43305	211.934	11.8540

Speed	1.3 mm/min	Standard	ASTM D695-15
-------	------------	----------	--------------

4.2. HASIL PENGOLAHAN DATA SEKUNDER

Data sekunder diolah dengan menggunakan data *sheet* pipa dan data lapangan, yang bertujuan untuk menemukan *shear stress* pada dinding pipa akibat friksi. Diasumsikan suhu operasi adalah suhu ruangan sehingga diperoleh data sbb:

Diketahui: *fluida* = air

$L = 10000 \text{ mm} = 10 \text{ m}$

$D = 0,254 \text{ m}$

$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\mu = 1 \times 10^{-3} \frac{\text{N s}}{\text{m}^2}$

$Q = 7000 \text{ BWPD} = 46,37 \frac{\text{m}^3}{\text{hour}}$

$= 0,01288 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,0490625 \text{ m}^2$

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,01288 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0490625 \text{ m}^2} = 0,2625 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- Perhitungan Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,2625 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,254 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2}$$

$$Re = 66675$$

Turbulent Flow ($Re > 4000$)

- Perhitungan *Friction Factor* dengan persamaan Blasius untuk aliran turbulen dan kekasaran relatif dinding dalam pipa dianggap halus:

$$f = \frac{0,3164}{Re^{1/4}}$$

$$f = \frac{0,3164}{66675^{1/4}}$$

$$f = 0,0196 \text{ (Diagram Moody terlampir)}$$

- Perhitungan *Pressure Drop* akibat friksi:

$$\Delta P = 2 f \left(\frac{L}{D} \right) (\rho \cdot v^2)$$

$$\Delta P = 2 (0,0196) \times \left(\frac{10 \text{ m}}{0,254 \text{ m}} \right) \times (1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (0,2625 \text{ m/s})^2)$$

$$\Delta P = 106,34 \text{ Pa}$$

- Perhitungan *Shear Stress* akibat friksi aliran pada dinding pipa:

$$\tau_w = \frac{\Delta P \cdot D}{4 \cdot L}$$

$$\tau_w = \frac{106,34 \text{ Pa} \times 0,254 \text{ m}}{4 \cdot 10 \text{ m}}$$

$$\tau_w = 0,6752 \text{ Pa}$$

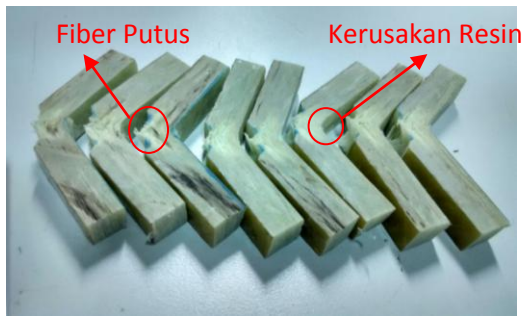
4.3. ANALISIS

4.3.1. Analisis Pengujian Impak (Charpy)

Pengujian dilakukan kepada 10 spesimen uji impak charpy *notched* dengan ukuran spesimen disesuaikan dengan ISO 179-10, yang diambil dari potongan permukaan badan pipa *glass-fiber reinforced epoxy* (fraksi $\pm 72.85\%$ *glass-fiber* dan $\pm 27.15\%$ *epoxy*), yang sebelumnya sudah dikondisikan dalam ruang pengkondisian dengan temperatur 23°C dan kelembaban 50% dalam waktu 48 Jam. Temperatur ruang uji sendiri $22,4^\circ \text{C}$ dengan kelembaban 53% dengan energi dari bandul 25 Joule menggunakan alat uji impak merk *Ceast Resil Impactor*. Diketahui kekuatan impak dari pengujian ini mencapai $190,10 \text{ kJ/m}^2$ dengan deviasi $\pm 20,95 \text{ kJ/m}^2$. Nilai deviasi relatif besar dikarenakan spesimen tidak homogen.



Gambar 4.1. Sampel Uji Impak Charpy Notched Sebelum Pengujian



Gambar 4.2. Sampel Uji Impak Charpy *Notched* Sesudah Pengujian

Kekuatan material dipengaruhi oleh resin dan serat yang ada. Spesimen tidak sampai patah secara keseluruhan saat diberi energi impact sebesar 25 J. Hal itu menggambarkan material masih mampu menahan beban yang diberikan, walaupun sudah berada di daerah plastis, yang artinya sifat mekanis bahan secara signifikan sudah berubah.

4.3.2. Analisis Pengujian Tekuk

Pengujian yang dilakukan terhadap 5 spesimen uji tekuk metode *three point bending* dengan ukuran spesimen disesuaikan dengan ASTM D790-15, yang diambil dari potongan permukaan badan pipa *glass-fiber reinforced epoxy* (fraksi $\pm 72.85\%$ *glass-fiber* dan $\pm 27.15\%$ *epoxy*), yang sebelumnya sudah dikondisikan dalam ruang pengkondisian dengan temperatur 23°C dan kelembaban 50% dalam waktu 48 jam. Temperatur ruang uji sendiri 22°C dengan kelembaban $58,7\%$ dengan kecepatan tarik $5,402\text{ mm/menit}$ menggunakan alat uji tekuk merk *Shimadzu AGS Plus - 50kN*. Diketahui rata-rata kekuatan tekuk dari pengujian ini mencapai $115,16\text{ N/mm}^2$ dengan deviasi $\pm 5,50\text{ N/mm}^2$.



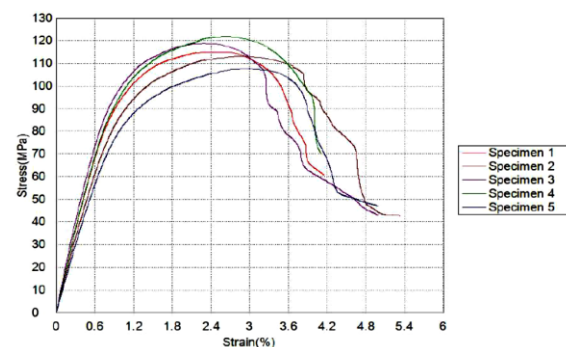
Gambar 4.3. Sampel Uji Tekuk 3 Titik Sebelum Pengujian



Gambar 4.4. Sampel Uji Tekuk 3 Titik Sesudah Pengujian

Gambar 4.4. menunjukkan tegangan tekuk maksimum berada ditengah spesimen, karena pada titik tersebut gaya maksimal diberikan. Gaya yang bekerja adalah gaya tekan dan gaya tarik.

Kemiringan garis pada diagram *stress and strain* yang dapat dilihat pada gambar 4.5. mempresentasikan sifat *Stiffness* (kekakuan) dari material tersebut. Selain itu Diagram *stress and strain* dapat juga menunjukkan ketangguhan bahan dilihat dari daerah dibawah garis yang diberikan diagram.



Gambar 4.5 Diagram *Stress vs Strain* Uji Tekuk

4.3.3. Analisis Pengujian Tekan.

Pengujian yang dilakukan kepada 5 spesimen uji tekan dengan ukuran spesimen disesuaikan dengan ASTM D695-15, yang diambil dari potongan ketebalan badan pipa *glass-fiber reinforced epoxy* (fraksi $\pm 72.85\%$ *glass-fiber* dan $\pm 27.15\%$ *epoxy*), yang sebelumnya sudah dikondisikan dalam ruang pengkondisian dengan temperatur 23°C dan kelembaban 50% dalam waktu 48 Jam. Temperatur ruang uji sendiri $22,4^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban 53% dengan kecepatan tarik $1,3\text{ mm/menit}$ menggunakan alat uji tekan merk *Shimadzu AGS Plus - 50kN*.

Diketahui kekuatan tekan rata-rata dari pengujian ini mencapai $259,48 \text{ N/mm}^2$ dengan deviasi $\pm 11,85 \text{ N/mm}^2$. Hasil tersebut adalah pada maksimal kapasitas alat dan sampel belum rusak. Dari setiap spesimen yang diuji, spesimen diberi gaya kerja maksimal alat, rata-rata 49808.9 N , dan sampel belum menunjukkan perubahan signifikan. Ketika spesimen diberi tekanan dengan kecepatan yang lambat ($1,3 \text{ mm/menit}$), spesimen masih mampu menahan kekuatan tekan.

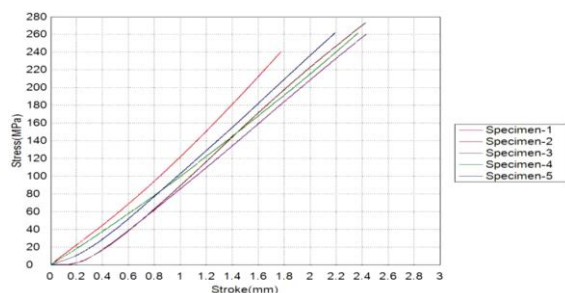


Gambar 4.6. Sampel uji tekan sebelum pengujian



Gambar 4.7 Sampel Uji tekan sesudah pengujian

Gambar 4.6. dan Gambar 4.7. menunjukkan perubahan yang terjadi tidak signifikan jika dibandingkan tekanan yang diberikan (50 kN). Sedangkan Gambar 4.8. menunjukkan tegangan tekan yang diberikan (MPa) dibandingkan dengan perubahan ukuran yang terjadi (mm).



Gambar 4.8. Diagram Hasil Uji Tekan

4.3.4. Analisis Hasil Pengujian *Glass-fiber Reinforced Epoxy*.

Material jenis ini tergolong baik, jika dilihat dari segi kekuatan dan massa jenisnya,

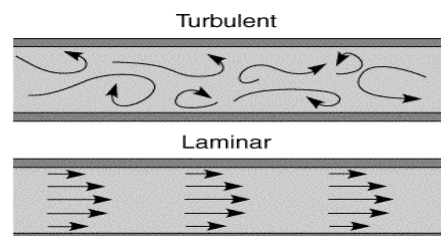
dikarenakan sifat *strength to weight ratio* yang dimilikinya, dimana material ini mempunyai kekuatan yang relatif tinggi tetapi memiliki densitas yang rendah. Kekuatan tersebut dapat dilihat dari Tabel 4.4. yang sekaligus menunjukkan rangkuman hasil pengujian yang dilakukan.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Spesimen *Glass-fiber Reinforced Epoxy*.

Pengujian	Standar	Hasil	Satuan
Impact Resistance	ISO 179-10	$190,10 \pm 20,95$	kJ/m^2
Bending Test	ASTM D 790-15	$115,16 \pm 5,50$	N/mm^2
Compression Test	ASTM D 695-15	$259,48 \pm 11,85$	N/mm^2

4.3.5. Analisis Perhitungan *Shear Stress* Pada Dinding Dalam Pipa.

Dari hasil perhitungan data sekunder, diketahui aliran yang terjadi adalah aliran turbulen dilihat dari Bilangan Reynold yang melebihi dari nilai 4000, yakni 66675. Gambar 4.9. menunjukkan arah aliran laminar dan turbulen.



Gambar 4.9. Perbedaan aliran laminar dan turbulen.

Nilai faktor friksi dari pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* sendiri adalah 0,0196. Faktor friksi ini diasumsikan hanya terjadi pada pipa lurus tanpa adanya perubahan-perubahan dinamis seperti naik turunnya kecepatan aliran, naik turunnya suhu fluida yang mempengaruhi viskositas fluida, dll. Dalam satu batang pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* 10 inchi dengan panjang 10 m, hanya terjadi penurunan tekanan $106,34 \text{ Pa}$ akibat friksi yang ada. Begitu pula dengan *shear stress* yang terjadi pada dinding pipa hanya sebesar $0,6752 \text{ Pa}$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan menunjukkan sebagai berikut:

1. Kekuatan impak dari pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* (ISO 179-10) sebesar $190,10 \pm 20,95 \text{ kJ/m}^2$.
2. Kekuatan tekuk dari pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* (ASTM D 790-15) sebesar $115,16 \pm 5,50 \text{ N/mm}^2$.
3. Kekuatan tekan dari pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* (ASTM D 695-15) sebesar $259,48 \pm 11,85 \text{ N/mm}^2$.
4. Perbandingan hasil pengujian dengan perhitungan tegangan geser pada dinding dalam pipa yang telah dilakukan menunjukkan kekuatan material pipa jauh lebih besar dari tegangan geser pada dinding dalam pipa yakni $0,6752 \text{ Pa}$ atau dapat dikatakan pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* aman dari potensi kegagalan akibat tegangan geser pada dinding dalam pipa dikarenakan alirannya.

5.2. SARAN

Untuk dapat ditindak lanjuti dari penelitian yang telah dilakukan, agar kedepannya dilakukan variasi-variasi jenis pengujian dan parameternya untuk material jenis *Glass-fiber Reinforced Epoxy* karena keunggulan-keunggulan yang dimilikinya dapat menjadikan material jenis ini sebagai alternatif dalam pemilihan bahan di dunia industri.

REFERENSI

- Alfendo, M. Redo. (2014). *Mekanika Teknik Dasar: Macam-macam gaya atau tegangan*, Artikel Iptek, <http://dokumen.tips/documents/macam-macam-tegangan-mekanika.html> diakses 4 Agustus 2016 21.00 WIB)
- American Society for Metals. (1987). *Engineered Materials Handbook, Vol.21: Composites*, Metals Park, Ohio.
- Furchan, A. (2007). *Pengantar Penelitian dalam Pendidikan*. Malang: Pustaka Pelajar.
- Gibson, RF. (1994). *Principles of Composites Material Mechanics*, New York: McGraw-Hill.
- Goodwill & Sleigh. (2008). *Section 1: Fluid Flow in Pipes*. www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/CIVE2400/pipeflow2_2008a.pdf
- Nayiroh, N. (2013). *Bahan Ajar Teknologi Material Komposit*. Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- <http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2013/03/Material-Komposit.pdf>.
- Nawawi, H & Martini, M. (1996), *Penelitian Terapan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nugroho. (2007). *Proses Produksi Pembuatan Mikrocar Dari Bahan Komposit*, Malang.
- Sudira, T., & Saito, S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sugiyono, (2011), *Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmadinata. 2006. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Rosdakarya.
- Nurhasanah, Roswati, 2014. *Modul Perkuliahan Mekanika Fluida*. Jakarta: STT-PLN
- Hermanto, 2006. *Analisis Kinerja Pipa Glass-fiber Reinforced Plastics terhadap Beban Impak dan Beban Tekan*. Depok: Universitas Indonesia.