

**PENGARUH KETEBALAN SERAT PENGUAT  
PADA COPV (PVC-COTTON FIBER)  
TERHADAP KEKUATAN BURST TEST**

**SKRIPSI**

*Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Sarjana (S1)  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung*

Disusun Oleh :

**Siddik Ally  
143030108**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2018**

**PENGARUH KETEBALAN SERAT PENGUAT  
PADA *COPV (PVC-COTTON FIBER)*  
TERHADAP KEKUATAN *BURST TEST***



Nama : Siddik Ally

NPM : 143030108

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA.)

(Dr. Ir. Hery Sunawan, M.T.)

## ABSTRAK

Semakin tingginya tingkat pencemaran udara yang diakibatkan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) dan semakin berkurangnya sumber minyak bumi membuat orang mencoba bahan bakar alternatif lain, salah satunya bahan bakar gas (BBG). Salah satu jenis dari bahan bakar gas adalah *compressed natural gas (CNG)* atau gas alam terkompresi, yaitu gas alam dalam bejana tekan yang dikenai tekanan yang besar. Bejana tekan untuk *CNG* yang sepenuhnya terbuat dari bahan logam dan harganya relatif murah, namun karena tekanan yang besar membuat resiko tabung meledak sangat besar dan bobot dari tabung tersebut akan sangat berat. Resiko tersebut dapat dikurangi menggunakan pemilihan bejana tekan *composite overwrapped pressure vessel (COPV)*. *Composite overwrapped pressure vessel (COPV)* merupakan sebuah bejana tekan yang dibalut atau dilapisi oleh serat komposit. *COPV* biasa digunakan sebagai tempat atau wadah fluida yang memiliki tekanan yang tinggi, seperti oksigen, gas alami terkompresi, gas helium, dan lain sebagainya. Bejana tekan ini terdiri dari dua lapisan, lapisan pertama biasanya terbuat dari logam namun dalam penelitian ini akan menggunakan *PVC* yang berfungsi mencegah kebocoran, sedangkan lapisan kedua terbuat dari komposit dan dalam penelitian ini menggunakan serat kompositnya yaitu *Cotton Fiber* yang berfungsi menahan tekanan yang diterima oleh bejana tekan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh serat penguat terhadap tabung *PVC* sangat berpengaruh sekali yaitu *PVC* yang telah diberi 1 lapisan *cotton fiber* kemampuan menahan tekanannya meningkat dari 20 bar menjadi 25 bar. Namun pada 2 lapisan dan 3 lapisan komposit, tekanannya hanya mampu menahan kurang lebih hingga 30 bar saja, dan tegangan yang terjadi semakin banyak lapisan yang digunakan maka tegangan semakin menurun.

Kata kunci: *COPV (PVC-Cotton Fiber), Hydrottest, Burst Test*

## **ABSTRACT**

*The higher level of air pollution caused by the use of fuel oil and the diminishing source of petroleum make people try other alternative fuels, one of which is gas fuel (CNG). One type of gas is compressed natural gas (CNG) or compressed natural gas, which is natural gas in a pressure vessel subjected to large pressures. The pressure vessel for CNG is entirely made of metal and the price is relatively cheap, but because of the large pressure it makes the risk of the tube bursting very large and the weight of the tube will be very heavy. This risk can be reduced using the selection of pressure vessels composite overwrapped pressure vessel (COPV). Composite overwrapped pressure vessel (COPV) is a pressure vessel wrapped or coated by composite fibers. COPV is commonly used as a place or container of fluid that has high pressure, such as oxygen, compressed natural gas, helium gas, and so on. This pressure vessel consists of two layers, the first layer is usually made of metal but in this study will use PVC which functions to prevent leakage, while the second layer is made of composite and in this study using composite fibers namely Cotton Fiber which serves to resist the pressure received by the vessel press. From the results of testing that has been done it can be concluded that the effect of reinforcing fibers on PVC tubes is very influential, namely PVC which has been given 1 layer of cotton fiber the ability to withstand the pressure increases from 20 bar to 25 bar. But in 2 layers and 3 composite layers, the pressure is only able to withstand up to about 30 bars, and the stress that occurs more and more layers is used to eat the voltage decreases.*

**Keywords:** COPV (PVC-Cotton Fiber), Hydrottest, Burst Test



## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, karena berkat Rahmat serta Karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul **Pengaruh Ketebalan Serat Penguat Pada COPV (PVC-Cotton Fiber) Terhadap Kekuatan Burst Test**

Tugas akhir ini ditempuh guna memenuhi salah satu syarat mencapai Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan, yang dibatasi oleh kemampuan penulis sendiri. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah terlimpah kepada penulis.
2. Kedua orang tua saya dan kakasaya atas kasih sayang dan dukungan moral maupun materi, beserta doa yang tiada hentinya diberikan untuk penulis.
3. Keluarga besar bapak dan ibu yang telah memberikan dukungan moral serta doa yang tiada hentinya diberikan kepada penulis.
4. **Bapak Dr. Ir. H Dedi Lazuardi, DEA** selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing penulis dan memberikan motivasi.
5. **Bapak Dr. Ir. Hery Sonawan, MT** selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis dan memberikan motivasi.
6. **Bapak Dr. Ir. H Dedi Lazuardi, DEA** selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
7. **Bapak Ir. Syahbardia, MT** selaku Koordinator tugas akhir jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
8. **Ari Nurdiana S.** teman pembuatan tugas akhir yang telah membantu dan *support* penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
9. Rekan-rekan **Pejuang ST (Taufik Rohman, Riki Muhammad Iqbal.P, Bima Tri Laksamana, Dian Kurniawan)** yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam pembuatan Tugas Akhir

10. Rekan-Rekan Pengurus **DKM Ulul Albaab Universitas Pasundan Bandung Masa Jihad 2015-2016, Masa Jihad 2016-2017** dan Keluarga besar DKM Ulul Albaab yang telah memberikan ilmu Agama dan ilmu berorganisasi.
11. Rekan – rekan pengurus Himpunan Mahasiswa Mesin “**Kabinet Adhigana, Kabinet Istiqomah, Kabinet One For All**” yang telah memberikan ilmu dalam berorganisasi
12. Rekan-rekan seperjuangan **Angkatan 2014** yang telah memberikan *support* kepada penulis.

Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlimpah ganda atas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga laporan ini memberikan manfaat kepada penulis khususnya dan kepada pembaca umumnya.

***Wassalamualaikum. Wr. Wb***

Bandung, 29 Desember 2018

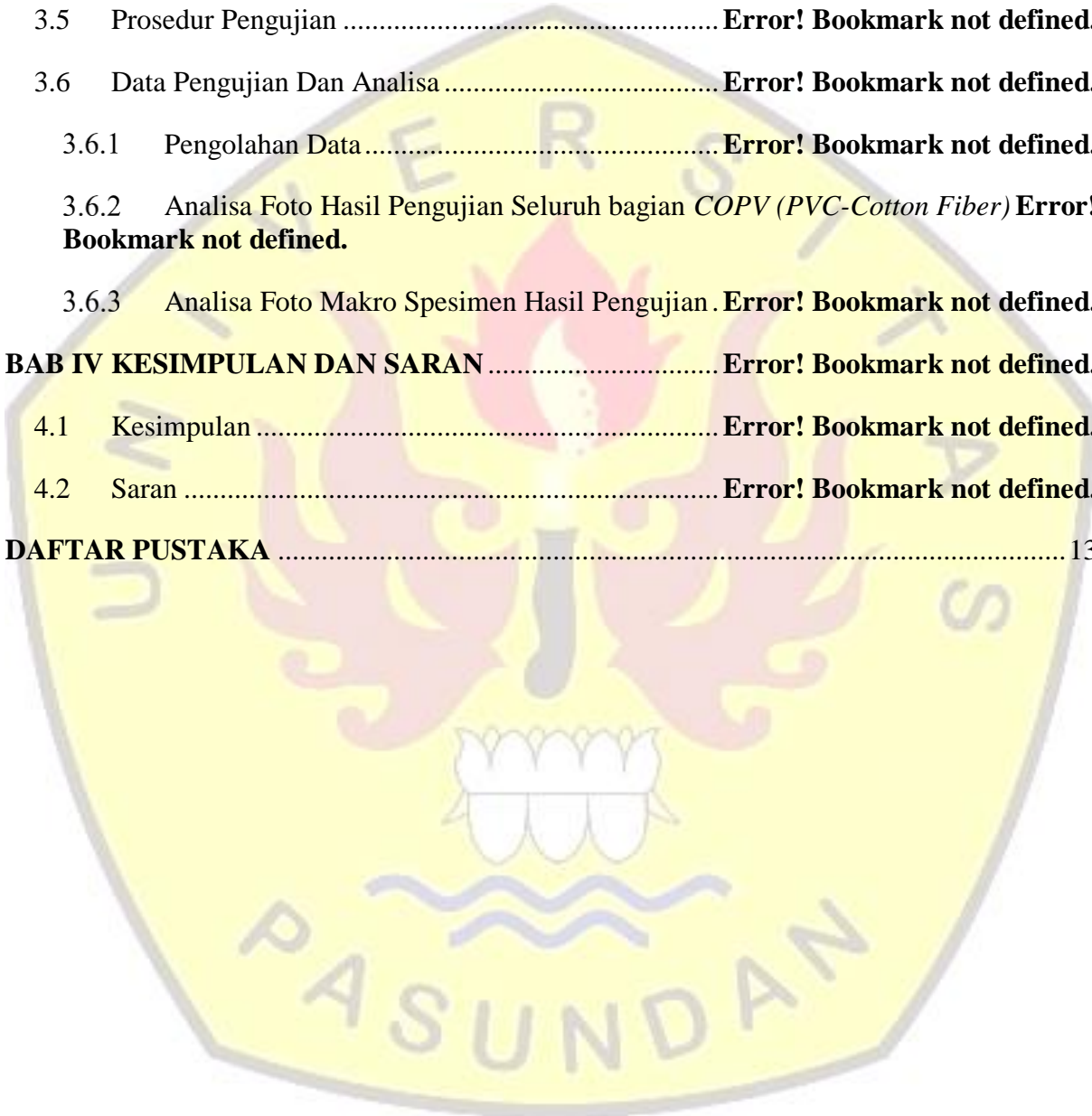
Siddik Ally



# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	3
<b>DAFTAR ISI</b> .....	5
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	7
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	10
1.1 Latar Belakang.....	10
1.2 Rumusan Masalah.....	10
1.3 Tujuan .....	11
1.4 Batasan Masalah .....	11
1.5 Sistematika Penulisan .....	11
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 <i>Composite Overwrapped Pressure Vessel (COPV)</i> ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Material <i>PVC</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Jenis-jenis <i>PVC</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Material Komposit .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.1 Serat Komposit ( <i>Fiber Composite</i> ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.2 Serat Benang Katun ( <i>Cotton Fiber</i> ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.3 Resin Dan Katalis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 <i>Hydrotest</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6 <i>Burst Test</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7 Persamaan Tegangan <i>Hoop</i> Dan <i>Longitudinal</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.1 Persamaan tegangan <i>Hoop</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.2 Persamaan tegangan <i>Longitudinal</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III PENGUJIAN PADA COPV (PVC-COTTON FIBER)</b> Error!	<b>Bookmark not defined.</b>

3.1	Persiapan Pengujian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2	Pembuatan Spesimen .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3	Rancangan Pengujian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1	Alat dan Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4	<i>Set Up</i> Pengujian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5	Prosedur Pengujian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6	Data Pengujian Dan Analisa .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.1	Pengolahan Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.2	Analisa Foto Hasil Pengujian Seluruh bagian <i>COPV (PVC-Cotton Fiber)</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.3	Analisa Foto Makro Spesimen Hasil Pengujian .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>13</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Winding pattern [2].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.2 Pipa <i>PVC</i> [4].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.3 <i>Short Fiber Composite</i> [6].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.4 <i>Long Fiber Composite</i> [6] .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.5 Benang Katun per gulung [7] .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.6 Representasi skematik serat kapas [8].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.7 Filamen Winding [9].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.8 Resin .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.9 Katalis.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.10 <i>Hydrotest</i> [13].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.11 Hasil Burst Test .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.12 Gaya-gaya dan dimensi pada pipa <i>PVC</i> [16].....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.1 Diagram alir pengujian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.2 Proses Pemotongan Pipa <i>PVC</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.3 Proses <i>Hoop Winding</i> pada <i>Fiberglass</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.4 Proses Pengolesan Resin dan Katalis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.5 Spesimen Uji ( <i>PVC-Cotton Fiber</i> ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.6 Pressure Test Pump Manual 24 Mpa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.7 Pipa <i>PVC</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.8 Proses <i>Filament Winding Fiberglass</i> Secara Manual.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.9 Resin dan Katalis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.10 <i>Flange PVC</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.11 <i>Blind Flange</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.12 Batang Penyangga .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.13 <i>Setup</i> Pengujian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.14 Hasil Pengujian pada <i>COPV</i> Tanpa Lapisan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar 3.15 Hasil Pengujian pada COPV (PVC-Cotton Fiber) 1 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.16 Hasil Pengujian pada COPV (PVC-Cotton Fiber) 2 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.17 Hasil Pengujian pada COPV (PVC-Cotton Fiber) 3 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.18 Grafik Tekanan – PVC..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 19 Serpihan COPV Tanpa Lapisan..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 20 Patahan pada COPV (PVC-Cotton Fiber) 1 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

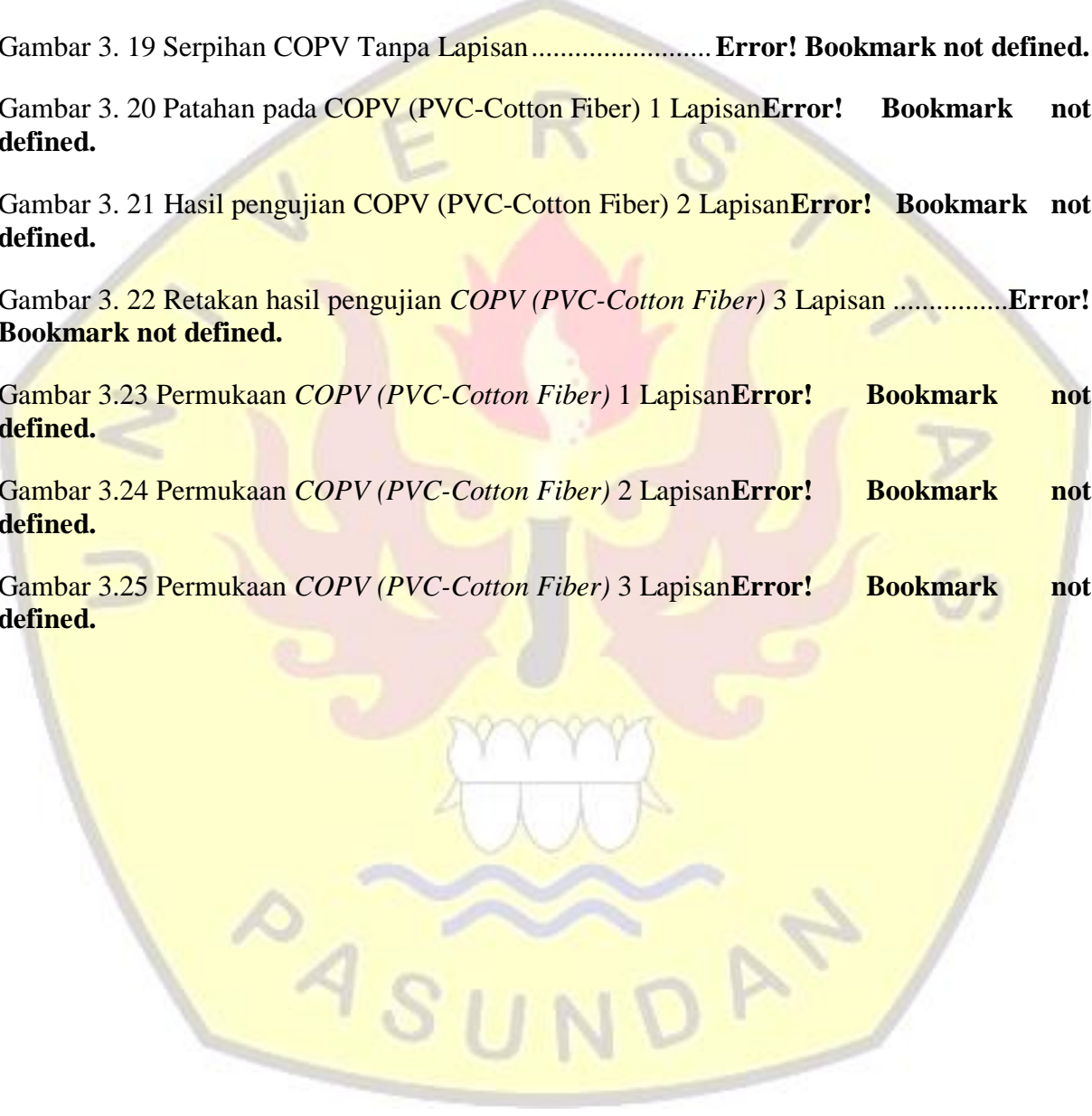
Gambar 3. 21 Hasil pengujian COPV (PVC-Cotton Fiber) 2 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 22 Retakan hasil pengujian COPV (PVC-Cotton Fiber) 3 Lapisan ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.23 Permukaan COPV (PVC-Cotton Fiber) 1 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

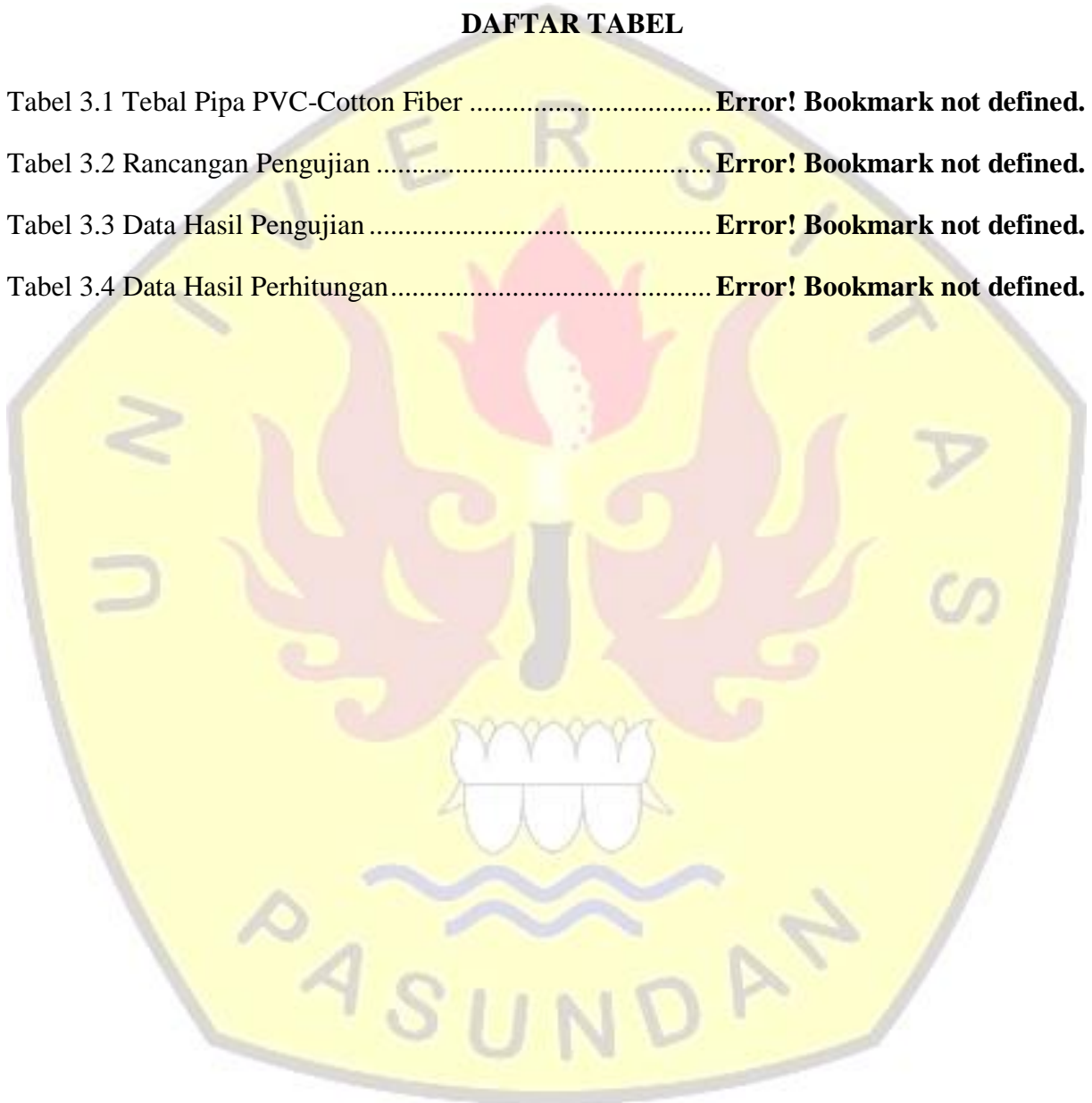
Gambar 3.24 Permukaan COPV (PVC-Cotton Fiber) 2 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.25 Permukaan COPV (PVC-Cotton Fiber) 3 Lapisan **Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tebal Pipa PVC-Cotton Fiber .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.2 Rancangan Pengujian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.4 Data Hasil Perhitungan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Saat ini tingkat pencemaran udara yang diakibatkan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) sangat banyak dan semakin berkurangnya sumber minyak bumi membuat orang mencoba bahan bakar alternatif lain, salah satunya bahan bakar gas (BBG). Salah satu jenis dari bahan bakar gas adalah *compressed natural gas (CNG)* atau gas alam terkompresi, yaitu gas alam dalam bejana tekan yang dikenai tekanan yang besar.

Bejana tekan untuk *CNG* yang sepenuhnya terbuat dari bahan logam dan harganya relatif murah, namun karena tekanan yang besar membuat bobot dari tabung tersebut akan sangat berat. Resiko tersebut dapat dikurangi menggunakan pemilihan *composite overwrapped pressure vessel (COPV)*.

*Composite overwrapped pressure vessel (COPV)* terdiri dari dua lapisan, lapisan pertama biasanya terbuat dari logam namun dalam penelitian ini akan menggunakan *PVC* yang berfungsi mencegah kebocoran, sedangkan lapisan kedua terbuat dari komposit yang berfungsi menahan tekanan yang diterima oleh bejana tekan. *COPV* dirancang dengan harapan dapat mengurangi bobot bejana tekan tanpa mengurangi daya tahan terhadap tekanan tinggi.

Lapisan komposit yang digunakan untuk bejana tekan *COPV* biasanya karbon murni sebagai seratnya. Namun dalam pembuatan serat karbon ini terbilang mahal dibandingkan dengan serat lain, untuk menekan harga dipilih *cotton fiber* sebagai alternatif bahan pelapis pembuatan *COPV*.

Ketebalan lapisan serat komposit pada *COPV* dapat menentukan besar tekanan bejana tekan tersebut. Bejana tekan untuk *CNG* perlu didesain sedemikian rupa agar mampu menahan tekanan internal yang sangat besar dari *CNG*. Tekanan operasi untuk bejana tekan *CNG* berkisar 100-200 bar. Untuk itu perlu dilakukan pengujian ketebalan serat komposit pada tabung *COPV* dikarenakan tekanan yang tinggi.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh serat komposit pada *COPV*?
2. Bagaimana cara melakukan langkah-langkah pengujian pada *COPV*?
3. Serat apa yang cocok untuk dipakai pada *COPV*?
4. Material apa yang cocok untuk dipakai sebagai *liner*?
5. Berapa ketebalan serat komposit yang optimum untuk *COPV*?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian skripsi ini dengan judul pengaruh ketebalan serat penguat pada *PVC* dengan *cotton fiber* terhadap kekuatan burst test, yaitu :

1. Mengetahui pengaruh ketebalan serat penguat pada *COPV (PVC - cotton fiber)* terhadap kekuatan *burst test*.
2. Mengetahui apakah kombinasi *PVC - cotton fiber* cocok dipakai untuk *COPV*

## 1.4 Batasan Masalah

Pembahasan penelitian tugas akhir ini dibatasi pada :

1. Tabung *COPV* yang menjadi obyek penelitian terbuat dari *PVC - cotton fiber*
2. Dimensi pipa *PVC* yang digunakan yaitu :  
D : 4 inci  
p : 400 mm  
t : 3 mm
3. Jumlah lapisan penguat : 1, 2, dan 3 lapisan

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini disusun dengan urutan sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan pembahasan tentang dasar-dasar teori *COPV*, *PVC*, material komposit, resin, katalis, *hydrotest*, dan *burst test*.

### BAB III PENGUJIAN PADA *COPV* (*PVC-COTTON FIBER*)

Berisikan tentang metode penelitian, alat dan bahan yang digunakan, spesimen uji, *set up* pengujian, prosedur pengujian, dan data hasil pengujian.

### BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan yang diambil dari hasil analisa dan saran untuk penelitian berikutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] McLaughan, Pat, Scott Forth dan Lorie Grimes-Ledesma. 2011. *Composite Overwrapped Pressure Vessel, A Primer*. Houston: National Aeronautics and Space Administration.
- [2] Funck, Ralph dan Hans-Peter Fuchs. 1996. *Development of All-Composite Compressed Natural Gas (CNG) Pressure Vessel for Vehicle Use*. Kaiserslautern: Comat Composite Materials GmbH.
- [3] Anonim.2018. **Pipa palstik**. <https://pipaplastik.com/pipa/pipa-PVC/>. 10 Oktober 2018.
- [4] Andaru. 2010. **Pipa PVC**. <http://pastigroup.co.id/news/pipa-PVC/>. 10 Oktober 2018.
- [5] Suryati. 2012. **Pembuatan dan Karakterisasi Genteng Komposit Polimer dari Campuran Resin Poliester, Aspal, Styrofoam Bekas dan Serat Panjang Ijuk**. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [6] Wollan, Eric. 2015. *Boosting Performance without Breaking the Bank*. <http://www.appliancedesign.com/articles/94628-boosting-performance-without-breaking-the-bank>. 8 November 2016.
- [7] Jeans Rotsa. 19 Mei 2017. **Macam macam benang jahit**. <http://www.rotsajeans.com/2017/05/macam-macam-benang-jahit/>. 5 Oktober 2018
- [8] M. Dochia. 2012. *Cotton Fiber*. <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/cotton-fiber>. 5 Oktober 2018
- [9] Wiratama Caesar. 6 September 2017. **Filament Winding**. <http://aeroengineering.co.id/2017/09/material-filament-winding/>. 15 September 2018.
- [10] Anonime. 28 November 2018. **Resin**. <https://id.wikipedia.org/wiki/Resin> . 15 Oktober 2018.
- [11] Tolu. 2 September 2017. **Jenis Resin Yang Umum Digunakan Pada Saat Ini Dan Perbedaannya**. <https://www.kerajinankreatif.com/2017/09/jenis-resin-yang-umum-digunakan-pada/>. 15 Oktober 2018
- [12] Sakti Gusti. 10 Mei 2016. **Mengenal Tentang Pengujian *hydrotest***. <http://www.gustisaktimandiri.com/mengenal-tentang-pengujian-hidrostatik-hydrostatic-test>. 5 Oktober 2018

- [13] Gemilang Daya Tri. 2018. **Alat Hydrotest**. <http://www.tdg.co.id/index.php/hydrotest/alat-hydrotest>. 10 Oktober 2018.
- [14] Anecto. 2018. **Burst Testing**. <https://www.anecto.com/burst-testing/>. 15 Oktober 2018.
- [15] Blomhall Tibor. 13 Juni. **COPV Tank**. 2018. <http://teslaclubsweden.se/tesla-roadster-spacex-package/>. 16 Oktober 2018
- [16] Abhishek. 6 Maret 2017. **What is longitudinal, circumferential and radial stress in pipe**. <https://www.quora.com/What-is-longitudinal-circumferential-and-radial-stress-in-a-pipe-in-a-practical-way-How-is-radial-stress-compressive-in-nature>. 25 Oktober 2018

