

ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT GELAS PADA TABUNG CNG TIPE 2

*Egastya Fazal Santoso¹, M. Tauviqirrahman², Rifky Ismail²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460058

*E-mail: egas.santoso@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi Indonesia, jumlah kendaraan terutama roda 4 atau lebih maka dibutuhkan pasokan BBM yang mencukupi. Sedangkan saat ini ketersediaan BBM jenis premium maupun solar jumlahnya terus menurun dan harganya semakin melonjak tinggi. Pemerintah telah melakukan uji coba bahan bakar alternatif yaitu BBG. Pada tahun 2012 jumlah total pengguna BBG adalah 16.733.098 dan jumlah SPBBG adalah 21.292 buah. Peringkat pertama adalah Iran dengan 3 juta kendaraan bermotor yang menggunakan BBG dan SPBBG sejumlah 1960 buah. Indonesia sangat tertinggal yaitu dengan peringkat 62 dengan 300 kendaraan bermotor yang memakai BBG dan jumlah SPBBG yang hanya 14 buah. Kesulitan yang dihadapi pemerintah dan para operator angkutan umum adalah harga *converter kit* yang harganya cukup mahal berkisar antara 18-23 juta rupiah karena harus impor dari luar negeri, beberapa Negara produsen antara lain Jerman, Korea maupun Tiongkok. Begitu juga tabung CNG pun harus impor dari Negara lain, terutama untuk tipe 2 yang terdapat lapisan komposit serat gelas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikrografi untuk menentukan jumlah lapisan komposit, mendapatkan nilai kekerasan dan nilai kekuatan tekan serat gelas pada tabung CNG tipe 2. Metodologi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah studi pustaka, persiapan alat dan bahan, membuat spesimen, uji *microhardness*, uji mikrografi, uji tekan, membuat analisa serta pembahasan, dan membuat kesimpulan. Dari hasil pengujian kemudian didapatkan bahwa terdapat 4 lapisan utama pada serat gelas, nilai kekerasan dengan skala *Vickers* untuk sisi permukaan adalah 33,1 VHN dan nilai kekerasan pada sisi tebal adalah 35,5 VHN, nilai kekuatan tekan pada serat gelas adalah 65,276 MPa.

Keyword: kekerasan; kekuatan tekan; lapisan; tabung CNG; serat gelas

Abstract

Along with the increase of economic growth in Indonesia, the number of public transportation especially car also increase and the consumption of fuel amount too. Nowadays the supply of fuel has fallen and it makes the price more expensive than before. Indonesian Government has done some test of the alternate fuel, this alternate fuel made from gas. In 2012 there were 16.733.098 CNG vehicles and there were 21.292 gas stations in the world. The first rank was Iran with 3 million vehicles and 1960 gas stations. Indonesia was very left behind in ranking 62 with 300 vehicles and 14 gas stations. The problem faced by government and the operator was the price of the converter kit, the price among 18-23 million rupiah. The price was so high because the converter kit imported from overseas. Converter kit imported from Germany, China, Korea, etc. CNG tank also imported from overseas, especially type 2 it's come from China. The CNG tank type 2 has a composite that wrapping around the tank. This experimental aims to get the structure of micrography to determine the number layer of composite, to get the hardness number and compressive number of fiberglass in CNG tank type 2. The methodology used in this research are the study of literature, preparation of tools and materials, making the specimen, microhardness testing, micrographic test, compression test, making analysis and discussion, and make conclusions. From the experimental we get 4 layers of fiberglass, Vickers hardness value for the surface was 33,1 VHN and the thickness was 35,5 VHN. The compressive strength was 65,276 MPa.

Keyword: CNG tank; compressive; fiberglass; hardness; layer

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi Indonesia, jumlah kendaraan terutama roda 4 atau lebih maka dibutuhkan pasokan BBM yang mencukupi. Sedangkan saat ini ketersediaan BBM jenis premium maupun solar jumlahnya terus menurun dan harganya semakin melonjak tinggi. Pemerintah telah melakukan uji coba bahan bakar

alternatif yaitu BBG. Pada tahun 2012 jumlah total pengguna BBG adalah 16.733.098 dan jumlah SPBBG adalah 21.292 buah. Peringkat pertama adalah Iran dengan 3 juta kendaraan bermotor yang menggunakan BBG dan SPBBG sejumlah 1960 buah. Indonesia sangat tertinggal yaitu dengan peringkat 62 dengan 300 kendaraan bermotor yang memakai BBG dan jumlah SPBBG yang hanya 14 buah.

Kesulitan yang dihadapi pemerintah dan para operator angkutan umum adalah harga *converter kit* yang harganya cukup mahal berkisar antara 18-23 juta rupiah karena harus impor dari luar negeri, beberapa Negara produsen antara lain Jerman, Korea maupun Tiongkok. Begitu juga tabung CNG pun harus impor dari Negara lain, terutama untuk tipe 2 yang terdapat lapisan komposit serat gelas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stuktur mikrografi untuk menentukan jumlah lapisan komposit, mendapatkan nilai kekerasan dan nilai kekuatan tekan serat gelas pada tabung CNG tipe 2. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah studi pustaka, persiapan alat dan bahan, membuat spesimen, uji *microhardness*, uji mikrografi, uji tekan, membuat analisa serta pembahasan, dan membuat kesimpulan.

2. DASAR TEORI

2.1 Bejana Tekan

Bejana tekan dapat didefinisikan sebagai wadah yang memiliki perbedaan tekanan antara tekanan yang berada di dalam dan di luar. Tekanan dalam biasanya lebih tinggi daripada tekanan luar, kecuali untuk beberapa keadaan yang terisolasi. Bejana tekan kerap menggabungkan antara tekanan yang tinggi dengan suhu yang tinggi, dan dalam kasus lainnya fluida yang mudah terbakar atau material dengan tingkat radio aktif yang tinggi. Karena bahaya tersebut, harus sangat diperhatikan pada saat perancangan sehingga kebocoran dalam bejana tidak terjadi. Selain itu bejana tekan ini harus dirancang dengan baik dalam mengatasi suhu dan tekanan operasi. Perlu diingat bahwa pecahnya suatu bejana tekan memiliki potensi untuk menyebabkan cedera fisik dan kerusakan pada benda di sekitarnya. Bejana tekan memiliki spesifikasi khusus, sebab harus mampu bertahan dari tekanan fluida yang ditampungnya ditambah beban akibat berat bejana itu sendiri dan berbagai beban eksternal lainnya. Berdasarkan dimensinya bejana tekan dapat dibagi menjadi 2 yaitu [2]:

1. Bejana tekan dinding tebal yaitu bejana yang memiliki ketebalan dinding *shell* lebih dari $1/20$ diameter *shell*.
2. Bejana tekan dinding tipis yaitu bejana yang memiliki ketebalan dinding *shell* kurang dari $1/20$ diameter *shell*.

2.2 Definisi Tabung CNG

Tabung CNG adalah suatu bejana tekan berbentuk silinder yang mampu menahan tekanan 100 hingga 275 bar. Tabung CNG dibuat dengan menggunakan bahan-bahan khusus yang mampu membawa CNG dengan aman. Desain tabung CNG terbagi menjadi empat tipe yaitu sebagai berikut [7]:

1. Tabung Tipe 1, tabung ini terbuat dari material logam, dari material baja maupun paduan aluminium.
2. Tabung Tipe 2, tabung ini terbuat dari logam yang diperkuat gulungan serat di sekitar tengah tangki (*hoop wrap*).
3. Tabung Tipe 3, tabung ini terbuat dari *metal liner* yang digulung dengan *continuous filament* pada keseluruhan tangki *full wrapped*.
4. Tabung Tipe 4, tabung ini terbuat dari *full wrapped cylinder* dengan *liner* yang terbuat dari *polimer plastic* yang rapat.

Secara strukturmikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan *reinforcement*. Syarat terbentuknya komposit: adanya ikatan permukaan antara matriks dan *reinforcement*. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi. Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui 3 cara utama

2.3 Komposit

Komposit adalah gabungan 2 jenis material yang berbeda untuk memperoleh material baru yang superior dan unik. Pada awal abad 20 mulai dikembangkan untuk keperluan industri otomotif, industri penerbangan dan lain sebagainya. Penggunaan komposit adalah untuk menggantikan logam sebagai komponen utama benda-benda yang selama ini banyak dibuat menggunakan logam. Komposit terdiri dari 2 jenis material berbeda yang disatukan sehingga menjadi material baru yang memiliki karakteristik kedua material yang digabungkan [7]. Komposit memiliki keuntungan yaitu sebagai berikut [5]:

- a. Tidak korosif.
- b. Fleksibel.
- c. Berumur panjang.
- d. Perawatan yang mudah.
- e. Mudah dibentuk.

2.4 Jenis Komposit

Berdasarkan konsep komposit yang memadukan 2 jenis material menjadi sebuah material baru yang memiliki keunggulan dari 2 material pembuatnya maka komposit dapat di klasifikasikan berdasarkan matriks dan *reinforcement*-nya yaitu sebagai berikut:

A. Reinforcement

Reinforcement adalah material penguat yang ada pada komposit. Beberapa fungsi *reinforcement* adalah sebagai berikut [5] :

- a. Menyerap 90 % beban yang terjadi pada komposit.
- b. Menghasilkan kekakuan, kekuatan.
- c. Menghasilkan konduktivitas elektrik.

B. Matriks

Matriks adalah bagian komposit yang memiliki volume terbesar (dominan). Memiliki sifat yang ulet namun memiliki kekuatan dan kekakuan yang kurang. Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut [3][4][5] :

- a. Menyatukan *reinforcement* dan memberikan bentuk pada komposit.
- b. Memberikan keuletan pada komposit.
- c. Mencegah terjadinya keretakan yang membuat *reinforcement* terurai yang berakibat rusaknya komposit.
- d. Melindungi dari bahan kimia yang bisa merusak komposit.
- e. Melindungi dari keausan dari *reinforcement*.

2.5 Definisi Fiberglass

Fiberglass adalah salah satu jenis *Fiber Reinforced Plastic* yang terkonsentrasi pada jenis serat yang terbuat dari gelas. Material serat gelas terdiri adalah silika dengan campuran boron, magnesium, *limestone*, *kaolin clay* dan beberapa mineral lain dalam bentuk cair [3].

Produksi fiberglass berawal dari beberapa campuran material dikeringkan di tungku yang bersuhu 1380 derajat celsius. Setelah meleleh campuran itu tadi di tarik melalui sikat platinum sehingga membentuk *filament* yang berukuran 10 μ m, yang selanjutnya di lapis pelindung untuk melindungi *fiberglass* dari gesekan, anti listrik statis dan anti lengket. Bentuk utama dari *fiberglass* adalah untaian *fiberglass* seperti untaian benang, namun bisa juga berbentuk lain seperti bubuk, serpihan ataupun anyaman [5].

Fiberglass memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut [6]:

1. *High tensile strength*.
2. *High shear modulus*.
3. *Good electrical resistance*.
4. *Good thermal resistance*.
5. *Low thermal expansion*.
6. *Low price*

2.6 Jenis Fiberglass

Fiberglass ada 4 jenis yang diklasifikasikan berdasarkan aplikasinya di dunia yaitu sebagai berikut [1] :

1. *C Glass* : *Chemical Glass* adalah material *fiberglass* yang digunakan untuk memproduksi benda-benda yang tahan bahan kimia yang reaktif.
2. *E Glass* : *Electrical Glass* adalah material yang digunakan untuk memproduksi insulator listrik, penguat (*reinforcement*), dan tekstil. Tipe ini adalah yang paling banyak digunakan di dunia.
3. *S Glass* : *Stiff Glass* adalah material yang memiliki *high tensile modulus*, atau *fiberglass* yang memiliki kekakuan besar, diaplikasikan pada pembuatan bangunan pencakar langit dan pesawat terbang.
4. *T Glass* : *Thermal Glass* adalah *fiberglass* yang digunakan untuk pelapis tahan panas.

2.7 Definisi dan Fungsi Epoxy

Epoxy adalah salah satu material yang sering digunakan sebagai pembuat matriks pada komposit. *Epoxy* terdiri dari 2 polimer yaitu dari jenis *glycidyl* atau *oxirane*, kedua bahan tersebut terbuat dari minyak mentah ada juga yang sintesis. *Epoxy* memiliki karakteristik yang paling kuat diantara jenis resin yang lain. Harga *epoxy* juga lebih mahal dibandingkan dengan jenis resin yang lain karena keunggulannya tersebut [3][6].

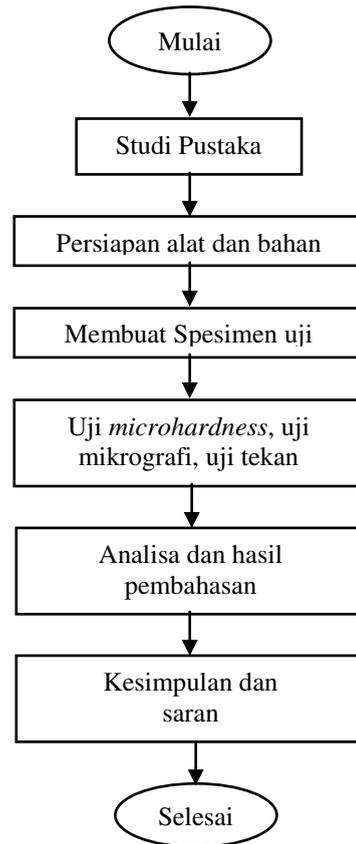
Epoxy mempunyai beberapa kelebihan yaitu sebagai [3][6] :

1. Memiliki banyak pilihan mechanical properties yang dapat dipilih sesuai keinginan.
2. Tidak banyak berubah karakteristiknya saat pembuatan.
3. Tidak banyak perubahan dimensi saat pembuatan.
4. Tahan terhadap bahan kimia.
5. Mempunyai daya lekat yang kuat pada bermacam-macam material.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan mengacu pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram alir.

3.2 Uji Mikrografi

Untuk mengetahui struktur mikro spesimen baja paduan 30CrMo dan *fiberglass* maka diperlukan pengujian mikrografi, khusus untuk *fiberglass* pengujian mikro untuk melihat jumlah serat pelapis tangki CNG. Gambar 1 (a) dan (b) alat uji mikroskop Olympus BX 41M yang ada di laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Undip dan spesimen mikrografi baja paduan 30CrMo dan *fiberglass*.



Gambar 2. (a) Alat uji mikrografi, (b) Spesimen uji mikrografi.

3.3 Uji Microhardness

Uji *microhardness* ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Undip menggunakan alat Mitutoyo HM 200. Uji *microhardness* *Vickers* yaitu dengan menekan indenter intan bersudut 136 derajat selama 60 detik dan tekanan 0,35 N

untuk fiberglass dan untuk baja paduan 30CrMo selama 30 detik dengan tekanan 0,6 N. Penekanan indenter akan membentuk piramida yang kemudian beban dibagi luasan piramida untuk mengetahui kekerasannya.

Langkah-langkah pengujian adalah menyalakan alat dan layar monitor, meletakkan spesimen pada pencengkeram dan setting nol. Memasukkan nilai tekanan indenter dan lama penekanan. Selanjutnya memilih posisi penekanan, setelah itu mengambil gambar yang ada dilayar monitor. Langkah selanjutnya adalah menekan tombol untuk melakukan penekanan dan setelah beberapa detik akan terlihat piramida yang terbentuk akibat penekanan dan akan keluar nilai kekerasan *Vickers* pada layar. Gambar 3 menunjukkan alat uji *microhardness*.



Gambar 3. Alat uji *microhardness*.

3.4 Uji Tekan

Uji tekan ini untuk mengetahui nilai kekuatan tekan maksimum dari lapisan *fiberglass* yang melapisi tangki CNG maka dilakukan pengujian uji tekan. Uji tekan ini dilakukan di laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Undip dengan menggunakan alat GD 1100-100 ASTM E8.

Langkah pertama adalah memasukkan dimensi pada aplikasi komputer yaitu dengan dimensi panjang 50 mm, lebar 30mm dan tebal 3,7 mm. Langkah kedua adalah dengan memasukkan besar tekanan yang ditekan pada spesimen. Selanjutnya spesimen dicengkeram pada alat uji tekan dan setting nol. Kemudian dilakukan penekanan sampai spesimen patah dan terlihat hasilnya pada komputer. Alat uji tekan dan spesimen uji tekan *fiberglass* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 (a) dan (b).



(a)



(b)

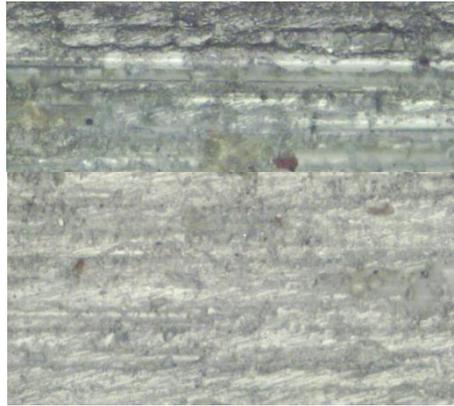
Gambar 4. (a) Alat uji tekan, (b) Spesimen uji tekan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Uji Mikrografi

Pengujian mikrografi spesimen *fiberglass* yang dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Undip dengan menggunakan mikroskop Olympus BX 41M menghasilkan foto yang terlihat pada Gambar 5 pada bagian yang bening menunjukkan resinnya dan yang agak keruh itu adalah serat gelas. Pada Gambar 5 juga terlihat orientasi seratnya yang hanya searah.



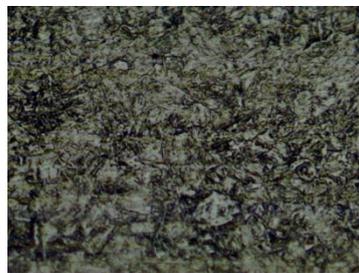
Gambar 5. Hasil uji mikrografi pada *fiberglass*.

Pada Gambar 6 apabila spesimen *fiberglass* di tekuk sampai serat-seratnya terlepas maka terlihat ada lapisan yang terlepas. Jumlah lapisannya adalah 4 buah.



Gambar 6. Jumlah lapisan *fiberglass*.

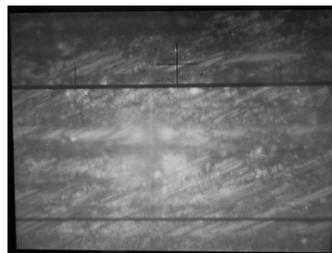
Pada Gambar 7 terlihat butir-butir yang gelap adalah ferit dan yang lebih terang adalah austenite.



Gambar 7. Hasil uji mikro pada baja paduan 30CrMo.

4.1.2 Hasil Uji *Microhardness*

Spesimen yang diuji *microhardness* ada 2 yaitu *fiberglass* dan baja paduan 30CrMo, pengujian ini dilakukan di Laboartorium Terpadu Undip dengan menggunakan alat uji kekerasan Mitutoyo HM 200. Spesimen uji mikro *Vickers fiberglass* yang sudah uji terdapat bentuk piramida akibat dari penekanan oleh indentor dapat dilihat pada Gambar 8 dan spesimen baja paduan 30CrMo yang sudah uji terdapat bentuk piramida akibat dari penekanan oleh indentor pada Gambar 9



Gambar 8. Spesimen *fiberglass*.



Gambar 9. Spesimen baja paduan 30CrMo.

Masing-masing spesimen mikro *Vickers* di lakukan 3 kali penekanan. Hasil uji *fiberglass* dan baja paduan 30CrMo dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai mikro *Vickers* pada permukaan *fiberglass*.

No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)
1	<i>Fiberglass</i>	1	32,9
2		2	30,2
3		3	36,2

Tabel 2. Nilai mikro *Vickers* pada sisi tebal *fiberglass*.

No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)
1	<i>Fiberglass</i>	1	32,8
2		2	35,7
3		3	38,1

Tabel 3. Nilai mikro *Vickers* pada sisi permukaan baja paduan 30CrMo.

No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)
1	Baja paduan 30CrMo	1	70,6
2		2	72,7
3		3	73,9

Tabel 4. Nilai mikro *Vickers* pada sisi tebal baja paduan 30CrMo.

No	Jenis Material	Titik Pengambilan Data	Kekerasan (VHN)
1	Baja paduan 30CrMo	1	70,9
2		2	71,5
3		3	74,8

Apabila dirata-rata nilai kekerasan pada permukaan *fiberglass* adalah 33,1 VHN dan nilai kekerasan pada sisi tebal adalah 35,5 VHN. Nilai kekerasan rata-rata pada permukaan baja paduan 30CrMo adalah 72,4 VHN dan pada sisi tebal adalah 72,4 VHN.

4.1.3 Hasil Uji Tekan

Hasil uji tekan pada 3 spesimen *fiberglass* pada tangki yang dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Undip dengan menggunakan alat GD 1100-100 ASTM E8 terlihat pada Gambar 9. Uji tekan ini menghasilkan 3 nilai kekuatan tekan yang berasal dari 3 spesimen, nilai kekuatan tekan *fiberglass* bisa dilihat pada Tabel 6. Nilai rata-rata kekuatan tekan fiberglass pada pengujian ini adalah 65,276 MPa

Tabel 6 Nilai uji tekan *fiberglass*.

No	Spesimen	Force up yield (N)	Force at peak (N)	Force at break (N)	Upper yield strength (MPa)	Compressive strength (Mpa)	Elongation Percentage (%)	Test time (min)
1	1	6561,62	6561,63	6561,63	59,11	59,11	2,98	0,02
2	2	7587,60	7587,60	5889,87	68,36	68,36	8,16	0,06

3	3	6139,55	7650,95	6056,78	55,31	68,36	6,94	0,05
---	---	---------	---------	---------	-------	-------	------	------

5. KESIMPULAN

Penelitian sifat mekanik pada serat gelas pada tabung CNG tipe 2 didapatkan kesimpulan sebagai berikut: berdasarkan hasil pengujian mikrofografi pada serat gelas tabung CNG tipe 2 didapatkan bahwa terdapat 4 lapisan utama yang menyusun komposit pelindung tabung CNG tipe 2. Orientasi serat dari komposit adalah searah. Hasil pengujian nilai kekerasan pada serat gelas lapisan komposit dengan skala *Vickers* untuk sisi permukaan adalah 33,1 VHN dan nilai kekerasan pada sisi tebal adalah 35,5 VHN. Hasil nilai kekerasan pada baja paduan 30CrMo pada sisi permukaan adalah 72,4 VHN dan untuk sisi tebal adalah 72,4 VHN. Hasil pengujian kekuatan tekan pada serat gelas adalah 65,276 MPa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aubourg, P.F., dkk, 1991 *Glass Fibers, Ceramics and Glasses. Engineered Materials Handbook*, Vol. 4, New York: ASM International.
- [2] Bednar, H. Henry. P.E. 1986. *Pressure Vessel Design Handbook*. Krieger Publishing Company. Florida.
- [3] Cheremisinoff, Nicholas P, 1995, *Fiberglass Reinforced Plastic*, New Jersey: Noyes Publication
- [4] Chung, Deborah D.L, 2010, *Composite Materials Science and Applications*, State University of New York Dept. Mechanical & Aerospace Engineering, 2nd edition, New York: Springer
- [5] Mallick. P. K. 2007, *Fiber Reinforced Composite Material, Manufacturing & Design*, Departement of Mechanical Engineering University of Michigan, Amerika Serikat: CRC Press.
- [6] Onder, Aziz, 2007, *First Failure Pressure of Composite Pressure Vessel*, Thesis Submitted to Dokuz Eylul University, Turki.
- [7] Santoso, Tomi. 2009. *Desain Tabung Dan Tinjauan Kekuatannya pada Kapal Pengangkut Compressed Natural Gas (CNG)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan ITS, Surabaya