

EFFECT OF STRENGTHENING IN COPV (PVC-FIBERGLASS) ON THE STRENGTH OF BURST TEST

Mohammad Reza Hermawan, Ari Nurdiana dan Dedi Lazuardi*

Universitas Pasundan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan

*Corresponding author: rezahermawan@unpas.ac.id

Abstract. Compressed Natural Gas is used as one type of gas fuel and alternative for oil fuel. Pressure vessels for CNG which are made of metal. Great pressure makes the risk of the tube explode and the tube weight is very heavy. These risks can be minimized by using Composite Overwrapped Pressure Vessel (COPV). In this study, the pressure coating is covered in two layers, the first layer uses PVC to prevent leakage, the second layer uses Glass Fiber to withstand the pressure received by the pressure vessel. The test was conducted using the Burst Test method based on ASME Section 8 (Rules for Construction of Pressure Vessel) by pressing COPV to reach maximum pressure and explode. The result showed that pressure resistance increased by up to 300%.

Key Word: CNG, COPV (PVC-FiberGlass), Hydrotest, Burst Test

Abstrak. Compressed natural gas (CNG) adalah gas alam terkompresi yang digunakan sebagai salah satu jenis dari bahan bakar gas (BBG) dan alternatif dari bahan bakar minyak (BBM). Bejana tekan untuk CNG yang sepenuhnya terbuat dari bahan logam dengan tekanan yang besar membuat resiko tabung mudah meledak dan bobot tabung yang sangat berat. Resiko tersebut dapat dikurangi menggunakan pemilihan *composite overwrapped pressure vessel* (COPV). COPV merupakan sebuah bejana tekan yang dibalut atau dilapisi oleh serat komposit. Bejana tekan ini terdiri dari dua lapisan, lapisan pertama dalam penelitian ini akan menggunakan *PVC* yang berfungsi mencegah kebocoran dan lapisan kedua menggunakan *Fiberglass* yang berfungsi menahan tekanan yang diterima oleh bejana tekan. Penelitian ini dilakukan dengan cara menggunakan metode pengujian. Pengujian menggunakan media *Hydrotest* berdasarkan referensi kode atau standar *ASME Section VIII Div. 1 Latest Edition (Rules for Construction of Pressure Vessel)*. Pengujian *Hydrotest* ini sampai COPV tersebut mencapai tekanan maksimum dan meledak atau disebut dengan *Burst Test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh serat penguat berupa *Fiberglass* pada tabung COPV dengan liner *PVC* yaitu dapat menghasilkan kekuatan lebih besar dan ketahanan terhadap tekanan *Burst Test* hingga 300%.

Kata kunci: CNG, COPV (PVC-FiberGlass), Hydrotest, Burst Test

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

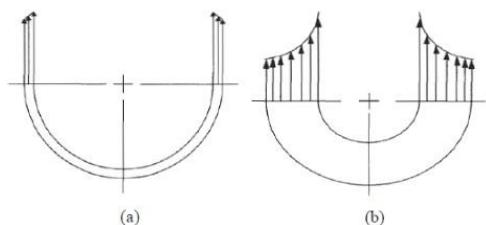
Semakin tingginya tingkat pencemaran udara yang diakibatkan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) dan semakin berkurangnya sumber minyak bumi membuat orang mencoba bahan bakar alternatif lain, salah satunya adalah bahan bakar gas (BBG). Salah satu jenis dari bahan bakar gas adalah *compressed natural gas* (CNG), yaitu gas alam dalam bejana tekan. Bejana tekan untuk CNG saat ini berbahan logam sehingga massanya tinggi yang menyebabkan sulitnya dilakukan penanganan. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan mengganti material logam dengan komposit atau pada bejana tekan berbahan komposit sering

disebut dengan composite overwrapped pressure vessel (COPV). [1]

Composite Overwriped Pressure Vessel (COPV) biasa digunakan sebagai tempat wadah fluida yang memiliki tekanan tinggi seperti, oksigen, gas alami terkompresi, gas helium, dan lainnya. COPV terdiri dari dua lapisan, dimana lapisan pertama berfungsi untuk mencegah kebocoran dan lapisan kedua berfungsi untuk menahan tekanan yang diterima oleh bejana tekan [2]. Lapisan pertama biasanya terbuat dari bahan logam sedangkan lapisan kedua terbuat dari bahan komposit. [3]

Ketebalan lapisan serat komposit pada COPV menentukan besar tekanan bejana tekan tersebut.

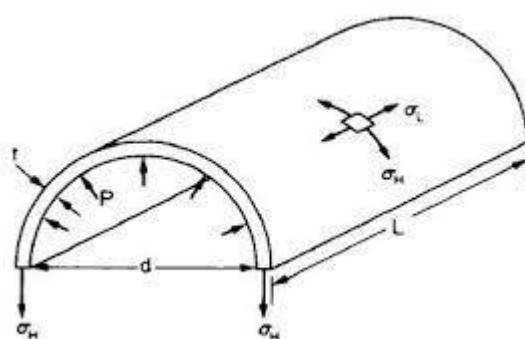
Bejana tekan untuk CNG perlu di desain sedemikian rupa agar mampu menahan tekanan internal yang sangat besar. Terkait operasi untuk bejana tekan CNG berkisar 100 – 200 bar. Untuk itu perlu dilakukan pengujian ketebalan serat komposit pada tabung COPV untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya. [4]



Gambar 1. Distribusi tekanan pada bejana tekan, (a) dinding tipis, (b) dinding tebal)

Berdasarkan dimensi dinding, bejana tekan dibagi menjadi dua, yaitu bejana tekan dinding tebal yang memiliki ketebalan dinding (*shell*) lebih dari 1/20 diameter *shell* dan bejana tekan tipis yang memiliki ketebalan kurang dari 1/20 diameter *shell*. [5]

Perbedaannya terletak pada distribusi tegangan yang terjadi pada dinding bejana tekan tersebut seperti pada Gambar 1. Ketika silinder tipis diberikan tekanan internal, terdapat tiga tegangan principal yang saling tegak lurus, yaitu tegangan tekanan melingkar (*hoop*), tagangan longitudinal, dan tegangan radial yang bereaksi di dalam material silinder seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. [4, 5]



Gambar 2. Tegangan *hoop* pada silinder

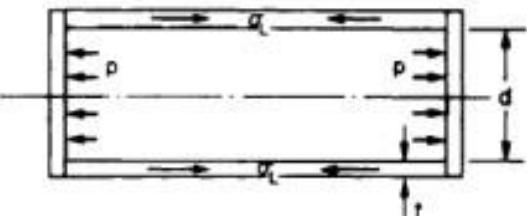
Untuk menentukan besaran tegangan *hoop* pada dinding silinder tipis dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_H = \pi \times \frac{d_i}{2} \times t \quad (1)$$

atau,

$$\sigma_H = \pi \times r_i \times t \quad (2)$$

Ilustrasi tegangan longitudinal bejana tekan ditunjukkan pada Gambar 3.

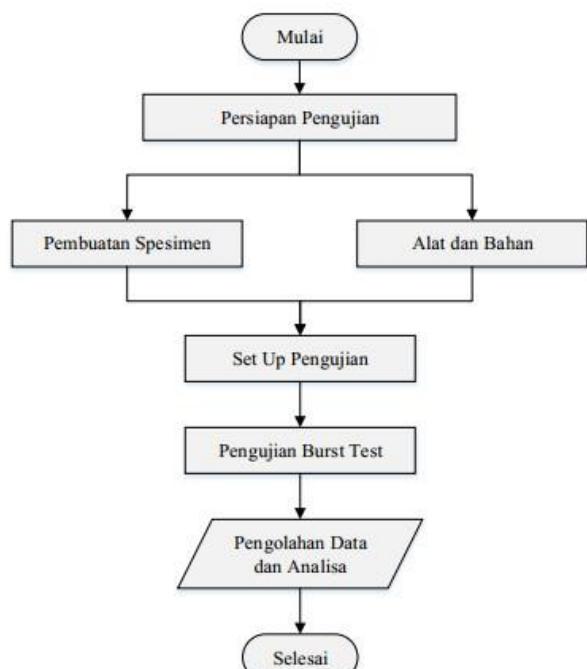


Gambar 3. Tegangan longitudinal pada bejana tekan

Metode Penelitian

Pengujian dilakukan menggunakan metode *Hydrotest* berdasarkan referensi kode atau standar ASME Section VIII dengan cara memberikan tekanan pada COPV hingga tekanan maksimum dan meledak atau disebut dengan *Burst Test*. [6]

Berikut adalah diagram alir yang menunjukkan langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 4. Diagram alir pengujian

Pengaruh serat penguat pada COPV dengan liner PVC diperoleh dengan melakukan pengujian terhadap spesimen uji berupa PVC dengan diameter 4 inch tebal 3 mm dan panjang 400 mm yang kemudian dilakukan *hoop winding* dengan pemilihan serat penguat berupa *fiberglass* yang dilapisi resin *polyester*. Proses *curing* dilakukan tanpa alat atau didiamkan pada temperatur ruang selama 24 jam. [7]

Terdapat dua tipe pembuatan komposit untuk bejana tekan, pertama adalah *hoop winding*, dimana komposit dililitkan hanya pada bagian silindernya saja, dan yang kedua adalah *helical winding*, dimana komposit dililitkan diseluruh permukaan bejana tekan. [8]

Tabel 1. Spesimen uji pipa PVC-Fiberglass

No.	Spesimen Uji (fiber glass)	Tebal (mm)
1	Tanpa lapisan	3
2	1 lapisan	3.5
3	2 lapisan	3.7
4	3 lapisan	4.4

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang tepat dan akurat, terdapat beberapa prosedur dalam melakukan *hydrotest*, yaitu:

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Menentukan lokasi atau tempat pengujian
3. Melakukan *dimensional and visual check*
4. COPV dipastikan terisi air secara penuh
5. Memastikan katup udara pada *pressure test* tertutup rapat
6. Pasang kamera pada COPV dan *pressure gauge* agar hasil pengujian terekam

Hasil dan Pembahasan

Pengujian pada COPV (PVC-Fiberglass) yang dilakukan hingga meledak (*burst test*) dengan metode *hydrotest* ini menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Data hasil pengujian

No.	PVC	Tekanan (bar)	Kondisi
1	Tanpa Komposit	20	Pecah
2	1 Lapisan Komposit	60	Pecah
3	2 Lapisan Komposit	55	Bocor
4	3 Lapisan Komposit	60	Bocor



Gambar 5. Hasil pengujian tanpa lapisan komposit



Gambar 6. Hasil pengujian COPV 1 lapisan



Gambar 7. Hasil pengujian COPV 2 lapisan



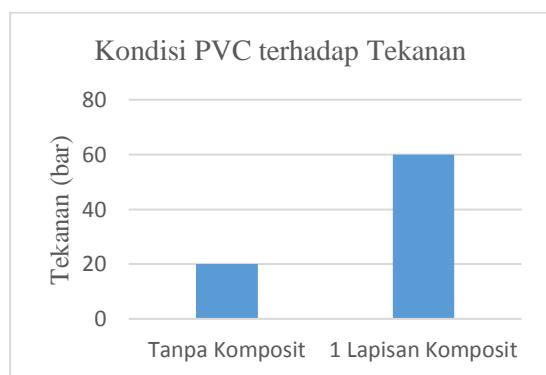
Gambar 8. Hasil pengujian COPV 3 lapisan

Pengujian yang dilakukan difokuskan pada hasil pengujian yang memiliki keterangan pecah, maka data yang bisa diolah adalah data hasil pengujian tanpa komposit dan 1 lapisan komposit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Kemudian dihitung tegangan *hoop* dan tegangan longitudinal menggunakan persamaan 1 dan 2.

Tabel 3. Perbedaan tekanan dan tegangan pada COPV

No.	PVC	Tekanan (bar)	Tegangan Hoop σ_H (N/mm ²)	Tegangan Longitudinal σ_L (N/mm ²)
1	Tanpa Komposit	20	36.5	18.25
2	1 Lapisan Komposit	60	93.86	46.93

COPV tanpa serat komposit hanya mampu menahan tekanan sebesar 20 bar, setelah dilakukan pelapisan menggunakan serat komposit peningkatan kekuatan dan ketahanan terhadap tekanan sebesar 60 bar.



Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian, pengaruh serat penguat pada COPV dengan liner PVC menghasilkan kekuatan terhadap tekanan yang lebih besar hingga 300%.

Referensi

- [1] Jones, H. *Oxygen Storage Tanks Are Feasible for Mars Transit*. 2017. 47th International Conference on Environmental Systems.
- [2] Seal, E.C. and N.C. Elfer, *High performance, thin metal lined, composite overwrapped pressure vessel*. 1998, Google Patents.
- [3] McLaughlan, P.B., S.C. Forth, et al., 2011. Composite overwrapped pressure vessels, a primer.
- [4] Wu, Q.G., X.D. Chen, et al., 2015. Stress and Damage Analyses of Composite Overwrapped Pressure Vessel. Procedia Engineering. 130: p. 32-40.
- [5] Ross, C.T., 2011. *Pressure vessels: external pressure technology*. Elsevier.
- [6] Ono, K., 1997. Acoustic emission. Encyclopedia of acoustics. 68: p. 797-809.
- [7] Klute, S.M., D.R. Metrey, et al., 2016. In-situ structural health monitoring of composite-overwrapped pressure vessels. SAMPE JOURNAL. 52: p. 7-17.
- [8] Alves, L., P. Santana, et al., 2013. Fabrication of metallic liners for composite overwrapped pressure vessels by tube forming. International Journal of Pressure Vessels and Piping. 111: p. 36-43.