

ANALISIS KEKUATAN COMPRESIVE NATURAL GAS (CNG) CYLINDERS MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Khoirul Huda¹⁾, Luchyto Chandra Permadi²⁾

*^{1),2)}Pendidikan Teknik Mesin
Jl. Semarang 6 Malang
Email :khoirul9huda@gmail.com*

Abstrak. *Compressed Natural Gas (CNG)* merupakan bahan bakar yang mulai banyak dikembangkan untuk bahan bakar alternatif untuk menghasilkan nilai emisi yang lebih baik dalam kendaraan. Dalam pemenuhan kebutuhan CNG diperlukan bejana tekan khusus untuk pengangkutannya. Tekana yang sangat besar menyebabkan system penyimpanan CNG membutuhkan bejana khusus untuk menahan tekanannya. Penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu perancangan atau penentuan dan perhitungan kekuatan bejana tekan. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini ada dua G3116 SG295 dan A516 grade 70 sebagai pembanding. Tujuan penelitian ntuk mendapatkan ukuran bejana tekan dan menghitung kedua kekuatan material terhadap beban kerja. Perancangan ukuran bejana tekan dilakukan berdasarkan teori yang ada dan formula yang ditetapkan oleh standard. Standard yang digunakan untuk pembuatan bejana tekan ini adalah ASME (American Society of Mechanical Engineers). Sedangkan untuk perhitungan kekuatan bejana tekantidak hanya dilakukan secara manual. Akan tetapi juga menggunakan analisa komputer, yaitu menggunakan software ANSYS. Hasil perancangan bejana tekan untuk gas CNG dengan nilai keamanan tidak kurang dari tiga akan mengurangi resiko kecelakaan kerja, faktor keamanan didapat dari membandingkan tegangan luluh material terhadap tegangan ekivalen maksimum.

Katakunci: *bejana tekan, Compresive Natural Gas, tekanan.*

1 Pendahuluan

Pressure Vessel atau bejana tekan adalah suatu bejana yang dirancang untuk menahan gas atau cairan pada tekanan secara substansial. Karena sifat minyak dan gas yang mudah terbakar, maka diperlukan suatu persyaratan khusus dalam teknik perancangan dan analisis kekuatan konstruksinya. Perencanaan dan evaluasi saling mempunyai keterkaitan guna pengambilan keputusan. Bahan atau material yang dipakai untuk membuat *pressure vessel* juga merupakan material yang memiliki ketahanan panas dan keuletan yang tinggi. Salah satu contoh bahan yang dapat dipakai untuk *pressure vessel* adalah baja karbon (Annaratone, Donatello: 2007). Kegagalan pada *pressure vessel* yang terbuat dari stainless steel yang dioperasikan pada temperatur 1100⁰C dapat berupa terjadinya kebocoran pada *pressure vessel* dan *pressure vessel* sudah rusak sebelum waktu yang ditentukan.

Perancangan dan pembuatan *pressure vessel* harus sesuai standar-standar yang ada untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan dan memperhitungkan factor keamanan (R.Moss, Dennis R. (2004). Karena kegagalan yang terjadi pada *pressure vessel* akan sangat berbahaya, terlebih lagi jika kegagalan *pressure vessel* tersebut disertai adanya ledakan yang cukup membahayakan kondisi lingkungan sekitarnya dan keamanan jiwa pekerja. Salah satu standar yang biasa digunakan dalam pembuatan *pressure vessel* adalah ASME CODE. Dalam ASME CODE memuat standar-standar perhitungan dimensi dalam mendesain *pressure vessel*, seperti perhitungan dimensi head, support, diameter shell, ketebalan dan lain-lain. Penelitian yang dilakukan (The American Society of Mechanical Engineers: 2013), yang mendapatkan perbedaan lokasi dan besar tegangan maksimum, melatar belakangi penulis untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada *pressure vessel* dengan software bantu ANSYS 15. Dengan berkembangnya teknik komputasi, masalah tersebut dapat di atasi dengan metode elemen hingga (finite element methode, FEM) yang diwujudkan dalam persamaan matrik yang selanjutnya dapat diselesaikan dengan program komputer. Salah satu program komputer yang menggunakan dasar FEM adalah ANSYS Multiphysics 15 (Moaveni, S: 1999). Kelebihan program ANSYS dibandingkan dengan program sejenis yang menggunakan dasar FEM adalah input program yang sederhana. Data masukan yang diperlukan berupa tire elemen, beban clangeometri dan

selanjutnya persamaan matrik akan tersusun dan program dapat dijalankan untuk melakukan perhitungan yang dikehendaki. Setelah dijalankan hasil perhitungan di ANSYS untuk keperluan analisis bisa ditampilkan sesuai keperluan, baik dalam bentuk angka maupun visual seperti distribusi temperatur, distribusi tegangan, defleksi, dan lainnya sehingga dapat diamati dengan mudah dan dapat dikembangkan untuk analisis struktur komponen teknologi temperatur tinggi seperti pada panduan penggunaan ANSYS (Nakasone, Stolarski and Yoshimoto: 2006).

Dari pendapat penelitian di atas untuk mengurangi dampak kecelakaan pada tabung gas silinder maka penelitian dimulai dari bahan dasar tabung silinder gas yang sudah memenuhi ISO. CNG disimpan dalam tabung bertekanan tinggi, sehingga memiliki resiko terjadinya ledakan yang besar. Untuk itu penggunaan material tabung silinder sangatlah harus diperhatikan. Penggunaan material karbon ASTM A516 Grade 70 untuk sebagai bahan tabung silinder dan G3116 SG295 sebagai bahan pembanding kekuatan bahan.

2 Pembahasan

Perhitungan berat jenis CNG, dihitung dari berat jenis komponen – komponen yang terkandung dalam CNG. Komponen – komponen CNG dan berat jenis pada kondisi NTP atau *Normal*

Temperature and Pressure ($T = 20^{\circ}\text{C} = 293^{\circ}\text{K}$, $P = 1 \text{ atm}$) adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Massa jenis CNG

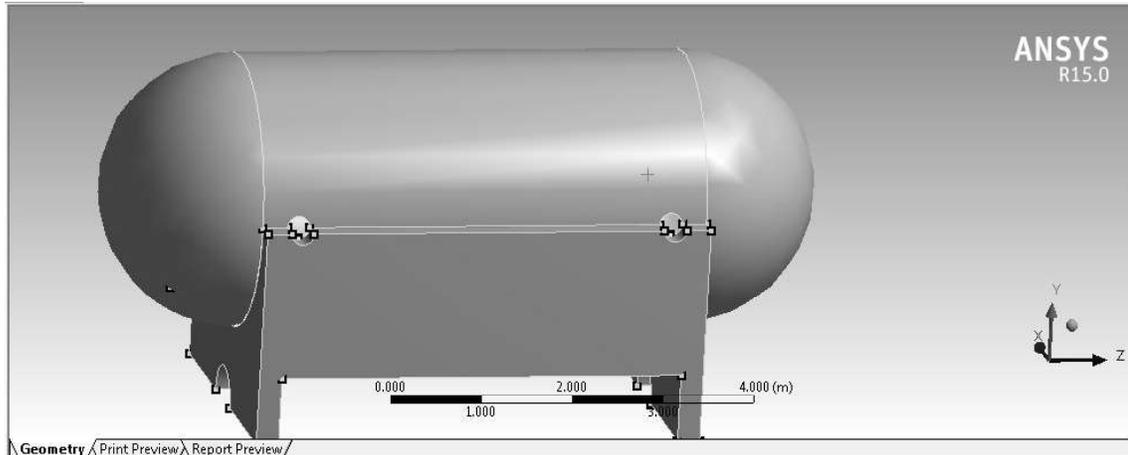
Komponen	Komposisi [%]	δ [kg/m^3]
Methane	88	0.668
Ethane	5	1.264
Propane	1	1.882
CO ₂	5	1.842
Others	1	1.205

Dengan pertimbangan tekanan maupun temperatur desain dari pressure vessel itu sendiri, dari pemilihan komponen komponen tersebut maka diperoleh spesifikasi teknis pressure vessel sebagai berikut:

Spesifikasi Pressure vessel

- Diameter dalam = 2990 mm
- Diameter Luar = 3096 mm
- Dengan tebal plat = 420 mm
- Panjang = 6200 mm
- Tipe *Head* = 2:1 Elipsoidal Head
- pressure = 200psi, 300psi, 700psi, 800psi, 1000psi, 1100psi

Hasil analisa yang didapatkan dari perhitungan komputer (*ANSYS Calculation*) juga dibedakan menjadi dua yaitu tegangan pada *shell* dan tegangan pada *head*. Seperti yang telah diketahui, tegangan yang terjadi pada struktur diinterpretasikan pada tiap titik (nodes) pada analisa menggunakan komputer (ANSYS). Hasil analisa dari ANSYS dapat ditampilkan dalam bentuk tabulasi (*list result*) maupun dalam bentuk kontur persebaran tegangan (*contour plot*).



Gambar 1. Model Tabung CNG menggunakan Ansys

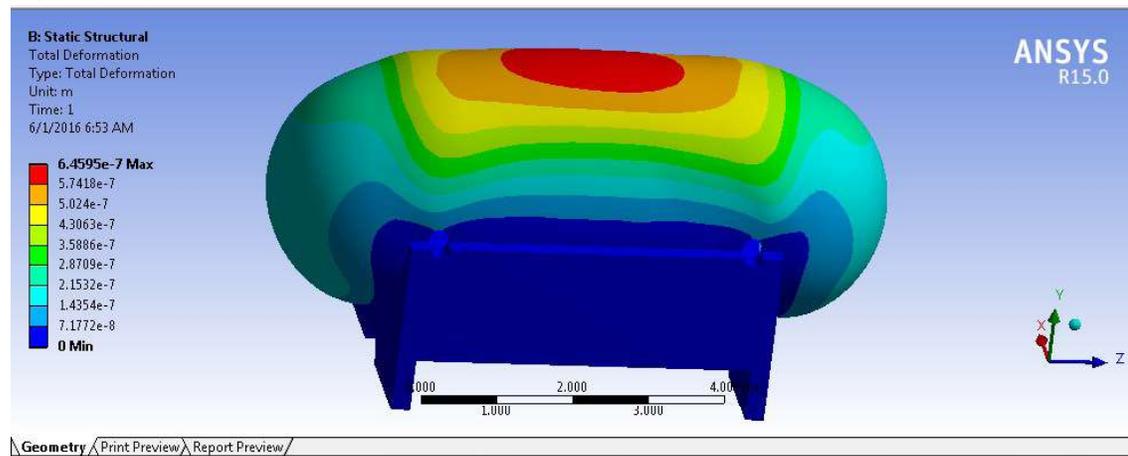
a. Tegangan pada Cylindrical Shell

Dari pembacaan tabulasi (*list result*) untuk *shell pressure vessel* didapatkan besarnya tegangan kriteria Von Mises minimum adalah 11251 psi pada node 1903. Sedangkan besarnya tegangan kriteria Von Mises maksimum sebesar 15043 psi pada node 661.

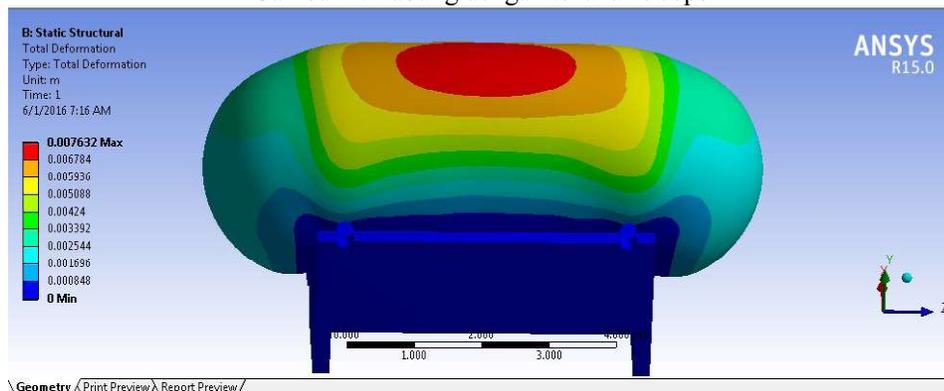
b. Tegangan pada Hemispherical Head

Dari pembacaan tabulasi (*list result*) untuk *head pressure vessel* didapatkan besarnya tegangan kriteria Von Mises minimum adalah 6218.7 psi pada node 141. Sedangkan besarnya tegangan kriteria Von Mises maksimum sebesar 9852.5 psi pada node 112.

Sedangkan contour plot untuk *cylindrical shell* dan *hemispherical head* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. Tabung dengan tekanan 500psi



Gambar 3. Tabung dengan tekanan 900psi

Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan pertimbangan-pertimbangan sebagai alasan bahwa desain kontruksi *pressure Vessel* yang telah dibuat aman untuk digunakan. Adapun pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

c. Konstruksi Desain

Dilihat dari segi kontruksi, bahwa desain *pressure vessel* memiliki kontruksi yang sederhana. Hal ini berpengaruh pada proses pembuatan yaitu jika kontruksi lebih rumit maka proses pembuatan *pressure vessel* relatif lebih sulit serta membutuhkan waktu yang cukup lama. Tetapi jika kontruksi yang sederhana maka pembuatan *pressure vessel* akan relatif lebih mudah serta waktu pengerjaan lebih cepat. Adapun spesifikasi yang digunakan dalam proses pembuatan kontruksi *pressure vessel* adalah sebagai berikut :

- Diameter dalam = 2990 mm
- Diameter Luar =3096 mm
- Dengan tebal plat = 4,2 in
- Panjang = 6200 mm
- Tipe *Head* = 2:1 Elipsoidal Head
- Jenis bahan = ASTM A516 Grade 70

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa spesifikasi bahan kontruksi desain *pressure vessel* adalah sederhana, tapi dalam pengoperasiannya nanti akan tetap aman karena telah sesuai dengan standart perancangan *pressure vessel* yaitu ASME (*American Society of Mechanical Engineers*).

d. Tinjauan Perbandingan Analisis Tegangan Von Mises pada A516grade70 dan G3116sg295

Setelah dilakukan analisis menggunakan software ANSYS dan perhitungan manual, maka dapat diketahui bahwa tegangan maksimal pada struktur setelah diberikan tekanan. Penelitian ini memvariasai tekana untuk mengetahui tekanan maksimal yang diperbolehkan dalam tabung CNG.

Tabel 2. A516 grade70

Tekanan	Tegangan Von Mises
200 psi	10215,39 psi
300 psi	15323,09 psi
700 psi	35753,88 psi
800 psi	40861,58 psi
1000 psi	51076,97 psi
1100 psi	56184,67 psi

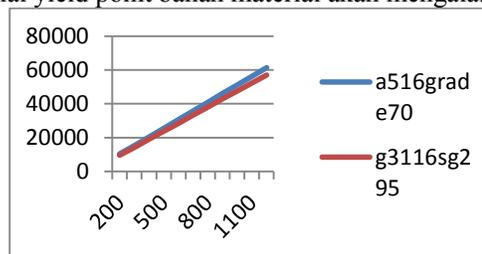
Yield Point : 51488 psi

Tabel 3.G3116 sg295

Tekanan	Tegangan Von Mises
200 psi	9505,25 psi
300 psi	14257,87 psi
700 psi	33268,37 psi
800 psi	38021,00 psi
1000 psi	47526,24 psi
1100 psi	52278,87 psi

Yield Point : 39885 psi

Dalam menentukan analisa kegagalan dapat dilihat dari tegangan von mises tabel. Nilai tegangan von mises yang melebihi nilai yield point bahan material akan mengalami perubahan stuktur.



Gambar 4. Grafik tegangan von mises

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal pada desain *pressure vessel* berbahan A516 grade 70 mengalami perubahan struktur pada tekanan 1000 psi keatas. Dan pada *pressure vessel* akan mengalami perubahan pada tekanan 800 psi keatas.

3 Simpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan mengenai desain tangki untuk pengangkutan CNG (*Compressed Natural Gas*), dapat ditarik kesimpulan :

1. Untuk pengangkutan 1000 ton gas CNG desain *pressure vessel* yang dirancang dengan panjang 6,2 m, diameter dalam 2,99 m, tebal kulit tangki (*shell*) 2,1 in, diameter luar 3,1 m.
2. Dari perhitungan tegangan von mises dihasilkan material baja karbon A516 Grade 70 dengan *yield strength* 355 MPa atau 51488 psi masih aman sampai tekanan 1000 psi. Sedangkan untuk material baja karbon G3116 Sg 295 dengan *yield strength* 275 MPa atau 39885 psi masih aman sampai tekanan 800 psi. Dari kedua tabung masih aman digunakan pada tekanan 700 psi.

Daftar Pustaka

- [1]. Annaratone, Donatello. 2007. *Pressure Vessel Design*. Berlin Heidenberg : Springer
- [2]. R.Moss, Dennis R. 2004. *Pressure Vessel Design Manual*. Oxford : Elsevier,Inc.
- [3]. The American Society of Mechanical Engineers. 2013. *ASME Boiler and Pressure Vessel Code: Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels*. New York : Three Park Avenue.
- [4]. Moaveni, S. 1999. *Finite Element Analisis*. Prentice-Hall inc. United State America.
- [5]. Nakasone, Stolarski and Yoshimoto. 2006. *Engineering Analysis With ANSYS Software*. Elsevier Butterworth-Heinemann.