

Analisis Desain Selexol Regenerator 241-T9029 Terhadap Integritas Struktur Akibat Beban Seismik Dan Beban Angin Pada Proyek Gas Development For The Unitization Of The Jambaran Tiung Biru Field

Ridho Nur Faturrachman^{1*}, Moh. Miftachul Munir², Fipka Bisono³

*Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.^{1,3}*

*Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Surabaya 60111, Indonesia.²*

E-mail: ridhorachman999@gmail.com^{1}*

Abstract – Pressure vessel is a structure which used for fluida storage wheter in gas or liquid form in many kind of industries. Referred as pressure vessel because the pressure and temperature of the fluida inside the pressure vessel is different compared to pressure and temperature of atmosphere outside of pressure vessel. This research started with calculating the plate thickness in every section based on internal and external pressure consideration. After that, the next step is calculating the maximum deflection due to wind load and required plate thickness due to seismic load. Finally, the last step is calculating the stress value that occurs in pressure vessel using hand calculation and ANSYS method. The result shows that the largest required thickness based on internal and external pressure is 0,875 in and 0,1875 in for the smallest. For maximum deflection calculation, the result is 0,576 in based on Henry H. Bednar method and 4,09 in based on Dennis R. Moss method. In stress analysis using hand calculation method, the largest result is 7.416,38 psi and 1.870,44 psi for the smallest. On the other hand, the largest value of the stress analysis using ANSYS method is 7.832,76 psi and 1.994,99 psi for the smallest.

Keywords : Pressure vessel, Wind, Seismic, ASME, ANSYS, Stress

1. PENDAHULUAN

Bejana tekan atau *pressure vessel* merupakan suatu struktur yang digunakan untuk menyimpan fluida baik berupa gas atau cair di berbagai macam industri. Dikatakan sebagai bejana tekan karena tekanan fluida yang ada di dalam lebih besar dari pada tekanan atmosfer yang berada di luar. Biasanya fluida yang disimpan dalam bejana tekan adalah fluida yang memiliki karakteristik maupun perlakuan khusus (Aziz, 2014). Bejana tekan dalam penggunaannya mempunyai beberapa fungsi seperti *heat exchanger, compressor, separator, regenerator, storage containment*, dan sebagainya. Dengan pentingnya fungsi – fungsi tersebut, hal ini membuat struktur bejana tekan menjadi bagian yang sangat vital di berbagai macam proses industri seperti *oil and gas*, nuklir, pangan, dan lain – lain.

Dalam mendesain bejana tekan, pihak konsultan perencana harus melakukan perencanaan secara matang karena dalam penggunaannya bejana tekan memiliki resiko kegagalan struktur yang sangat besar. Kegagalan struktur tersebut dapat ditimbulkan dari berbagai macam beban baik internal maupun eksternal yang diterima oleh bejana tekan saat beroperasi. Beban yang perlu diperhatikan secara khusus

adalah beban eksternal, karena besarnya beban tersebut bersifat tidak tetap sehingga perlu dilakukan tindakan – tindakan preventif guna menahan beban eksternal yang dapat mempengaruhi integritas struktur suatu bejana tekan. Salah satu beban eksternal yang perlu dianalisa secara mendalam adalah beban yang disebabkan oleh kecepatan angin dan aktivitas seismik. Hal ini disebabkan karena banyaknya kasus kegagalan struktur bejana tekan yang diakibatkan dari kedua beban tersebut seperti yang terjadi di Padang, Sumatera Barat saat gempa Padang pada tanggal 30 September 2009. Maka dari itu, proses analisa akibat beban eksternal perlu untuk diperhatikan terlebih lagi bagi negara – negara yang terletak di area rawan gempa dan skala kecepatan angin tinggi serta memiliki banyak industri yang menggunakan bejana tekan dalam prosesnya seperti Indonesia.

Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin mengangkat tugas akhir dengan judul “Analisis Desain *Selexol Regenerator 241-T9026* Terhadap Integritas Struktur Akibat Beban Seismik dan Beban Angin Pada Proyek *Gas Development for The Unitization of The Jambaran-Tiung Biru Field*” untuk menganalisa kemungkinan terjadinya kegagalan struktur yang dapat menyebabkan cedera bahkan kematian,

serta kerugian lingkungan, finansial, dan reputasi industri tersebut.

2. METODOLOGI

Penelitian difokuskan pada perhitungan beban eksternal akibat aktivitas seismik dan kecepatan angin untuk mengetahui bahwa bejana tekan yang direncanakan memenuhi kriteria desain berdasarkan regulasi ASME Section VIII Division 1. Langkah pertama yang dilakukan yaitu menghitung ketebalan pelat di tiap bagian dengan pertimbangan tekanan internal dan eksternal. Setelah itu melakukan perhitungan defleksi maksimal akibat beban angin dan ketebalan pelat yang dibutuhkan akibat beban seismik. Lalu, menghitung tegangan yang terjadi pada bejana tekan menggunakan metode perhitungan manual dan ANSYS.

2.1 Ketebalan Pelat

Perhitungan ketebalan pelat pada penelitian ini menggunakan formula yang mengacu pada perhitungan ketebalan pelat berdasarkan tekanan internal dan diameter dalam *pressure vessel* dari buku Eugene F. Megyessy. Pemilihan ketebalan pelat dipertimbangkan dengan analisis MAWP dan MAEP. Nilai dari perhitungan MAWP tidak boleh lebih dari nilai tegangan yang diijinkan. Sedangkan untuk MAEP, nilai yang dihasilkan harus lebih besar dari tekanan atmosfer yaitu 15 psi.

2.2 Wind Load

Perhitungan *wind load* dilakukan untuk mencari besarnya nilai defleksi yang terjadi pada bejana tekan akibat beban angin. Terdapat dua metode yang digunakan dalam menghitung nilai defleksi maksimal, yaitu metode Henry H. Bednar dan Dennis R. Moss. Dengan ketinggian hampir 67 meter, nilai defleksi maksimal yang diijinkan yaitu sebesar 13,17 in. Berikut adalah persamaan untuk mencari nilai defleksi maksimal dengan metode Henry H. Bednar :

$$y_i = \frac{L_i^2}{E I_i} \left[\frac{F_i L_i}{8} + \frac{Q_i L_i}{3} + \frac{M_i}{2} \right]$$

$$\Delta_{1-i} = \frac{(L_i + L_2 + \dots + L_{1-i}) L_i}{E I_i} \left[\frac{Q_i L_i}{6} + \frac{Q_i L_i}{2} + M_i \right]$$

$$\delta = y_1 + y_2 + \dots + y_i + \Delta_{1-2} + \dots + \Delta_{1-i}$$

Dimana :

- Δ = Maximum deflection [in]
- y_i = Deflections of section i [ft]
- L_i = Length of section [ft]
- F_i = Wind load on section i [lb]
- Q_i = Shear on section i [lb]
- M_i = Moment of section i [lb.ft]
- Δ_{1-i} = Deflections at point 1 due to the point i [in]
- E = Modulus of elasticity [psi]
- I = Momen inersia

Untuk perhitungan defleksi maksimal dengan metode Dennis R. Moss menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\delta = \frac{5,5 \times W}{60 \times E} \left[\sum \frac{L_n^4}{I_n} - \sum \frac{L_n^4}{I_{n-1}} \right]$$

Dimana :

- δ = Maximum deflection [in]
- W = Wind load [lb]
- L_n = Length of section n [ft]
- I_n = Inertia of section n [ft⁴]

2.3 Seismic Load

Perhitungan *seismic load* dilakukan untuk mencari besarnya nilai ketebalan pelat bejana tekan akibat beban gempa. Untuk menentukan ketebalan pelat yang dibutuhkan pada tiap-tiap bagian bejana tekan, diperlukan nilai momen yang bekerja pada bejana tekan. Berikut adalah persamaan untuk mencari nilai ketebalan yang dibutuhkan akibat beban gempa :

$$t = \frac{12 \cdot M_x}{R^2 \cdot \pi \cdot S \cdot E}$$

Dimana :

- M_x = Moment [ft.lb]
- R = Mean vessel radius [in]
- S = Joint efficiency
- E = Maximum allowable pressure [psi]

2.4. Tegangan Von-Misses

Perhitungan tegangan dilakukan untuk mengetahui apakah besarnya tegangan yang terjadi pada bejana tekan masih di bawah batas aman atau tidak. Berikut adalah persamaan untuk mencari besarnya tegangan yang terjadi pada bejana tekan :

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

Dimana :

- σ_1 = Circumferential stress [psi]
- σ_2 = Longitudinal stress [psi]
- σ_3 = Radial stress [psi]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ketebalan Pelat

Perhitungan ketebalan pelat pada penelitian ini menggunakan formula yang mengacu pada perhitungan ketebalan pelat berdasarkan tekanan internal dan diameter dalam *pressure vessel* dari buku Eugene F. Megyessy. Pemilihan ketebalan pelat dipertimbangkan dengan analisis MAWP dan MAEP. Nilai dari perhitungan MAWP tidak boleh lebih dari nilai tegangan yang diijinkan. Sedangkan untuk MAEP, nilai yang dihasilkan harus lebih besar dari tekanan atmosfer yaitu 15 psi. Material yang digunakan pada bejana tekan di penelitian ini adalah SA 516 Gr. 70. Tekanan internal yang bekerja pada bejana tekan yaitu sebesar 50 psi dengan temperatur operasi sebesar 365°F dan join efisiensi sebesar 1. Dengan temperatur operasi tersebut, tegangan maksimal yang diijinkan yaitu sebesar 20.000 psi. Hasil

perhitungan ketebalan pelat dari bejana tekan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1: Ketebalan Pelat

Section	Ketebalan (in)
Top Head	0,1875
Shell 1	0,4375
Cone 1	0,25
Shell 2	0,875
Cone 2	0,375
Shell 3	0,75
Bottom Head	0,4375

3.2 Wind Load

Perhitungan *wind load* dilakukan untuk mencari besarnya nilai defleksi yang terjadi pada bejana tekan akibat beban angin. Terdapat dua metode yang digunakan dalam menghitung nilai defleksi maksimal, yaitu metode Henry H. Bednar dan Dennis R. Moss. Dengan ketinggian hampir 67 meter, nilai defleksi maksimal yang diijinkan yaitu sebesar 13,17 in. Kecepatan angin di tempat dimana bejana tekan direncanakan yaitu sebesar 97,06 mph dengan kategori risiko IV dan *exposure C*. Hasil perhitungan defleksi maksimal dari bejana tekan akibat beban angin dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2: Defleksi Maksimal Akibat Beban Angin

Metode	Defleksi Maksimal (in)
Henry H. Bednar	0,576
Dennis R. Moss	4,09

3.3 Seismic Load

Perhitungan *seismic load* dilakukan untuk mencari besarnya nilai ketebalan pelat bejana tekan akibat beban gempa. Untuk menentukan ketebalan pelat yang dibutuhkan pada tiap-tiap bagian bejana tekan, diperlukan nilai momen yang bekerja pada bejana tekan. Bencana tekan direncanakan dibangun pada kategori wilayah D dan kategori risiko IV. Untuk percepatan batuan dasar dalam periode 0,2 detik yaitu sebesar 66,8% dan 21% dalam periode 1 detik. Percepatan pada detik 0,2 dan 1 digunakan karena pada interval tersebut mengandung energi gempa terbesar. Hasil perhitungan ketebalan pelat dari bejana tekan akibat beban gempa dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3: Ketebalan Pelat Akibat Beban Seismik

Section	Ketebalan (in)
Top Head	0,25
Shell 1	0,5625
Cone 1	0,3125

Shell 2	1,25
Cone 2	0,625
Shell 3	1,125
Bottom Head	1,125

3.4 Tegangan Von-Misses

Perhitungan tegangan dilakukan untuk mengetahui apakah besarnya tegangan yang terjadi pada bejana tekan masih di bawah batas aman atau tidak. Terdapat dua metode yang digunakan dalam menghitung nilai tegangan maksimal, yaitu metode *hand calculation* dan metode ANSYS. Dengan temperatur operasi sebesar 365°F, nilai tegangan maksimal yang diijinkan pada bejana tekan yaitu sebesar 20.000 psi. Hasil perhitungan tegangan maksimal dari bejana tekan akibat tekanan internal dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 di bawah ini :

Tabel 4: Tegangan Maksimal (Metode *Hand Calculation*)

Section	Tegangan Von-Misses (psi)
Top Head	5.156,54
Shell 1	2.303,77
Cone 1	7.416,38
Shell 2	1.870,44
Cone 2	5.156,89
Shell 3	2.874,6
Bottom Head	2.874,6

Tabel 5: Tegangan Maksimal (Metode ANSYS)

Section	Tegangan Von-Misses (psi)
Top Head	5.455,45
Shell 1	2.483,63
Cone 1	7.832,76
Shell 2	1.994,99
Cone 2	5.491,85
Shell 3	2.951,37
Bottom Head	2.980,23

4. KESIMPULAN

1. Dari proses perhitungan ketebalan pelat berdasarkan tekanan internal dan dimensi dalam, didapatkan hasil ketebalan terbesar yaitu 0,875 in pada bagian *Shell 2* dan ketebalan terkecil yaitu 0,1875 in pada bagian *Top Head*.
2. Dari proses perhitungan defleksi maksimal akibat beban angin, didapatkan hasil sebesar 0,576 in dengan metode Henry H. Bednar dan 4,09 in dengan metode Dennis R. Moss. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa bejana tekan yang dianalisis masuk dalam

- kategori aman, karena nilai maksimal yang diperbolehkan adalah 13,17 in.
3. Dari proses perhitungan ketebalan pelat akibat beban seismik, didapatkan hasil ketebalan terbesar yaitu 1,25 in pada bagian *Shell 2* dan ketebalan terkecil yaitu 0,25 in pada bagian *Top Head*.
 4. Pada analisis tegangan menggunakan perhitungan tangan, nilai terbesar yaitu 7.416,38 psi dan 1.870,44 psi untuk nilai terkecil. Sedangkan pada analisis tegangan menggunakan ANSYS, nilai terbesar yaitu 7.832,76 psi dan 1.994,99 psi untuk nilai terkecil. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa bejana tekan yang dianalisis masuk dalam kategori aman, karena nilai maksimal yang diperbolehkan adalah 20.000 psi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis, nenek tercinta dan seluruh keluarga yang memberikan dukungan, perhatian, nasihat, saran, serta mencukupi semua kebutuhan penulis.
2. Bapak Moh. Miftachul Munir, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang berkenan memberikan waktu, saran, dan bimbingan.
3. Bapak Fipka Bisono, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang berkenan memberikan waktu, saran, dan bimbingan.
4. Bapak Widayanta selaku Pembimbing OJT dan seluruh staff PT Boma Bisma Indra (Surabaya) yang telah memberikan pengetahuan untuk menyusun penelitian ini.
5. Seluruh teman-teman Teknik Desain dan Manufaktur khususnya angkatan 2015, seluruh dosen, staff dan juga mahasiswa Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASCE. (2002). *ASCE 7 : Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Washington: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.
- [2] ASME. (2015). *Boiler and Pressure Vessel Code Section II D*. New York: AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
- [3] ASME. (2017). *Rule for Construction of Pressure Vessel, Section VIII Div.1*. New York: AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEER.

- [4] Aziz, A. A. (2014). Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa. *SINERGI*, 18(1).
- [5] Bednar, H. H. (1986). *Pressure Vessel Design Handbook* (2nd ed.). Malabar, Florida: Krieger Publishing Company.
- [6] Budianto. (2018). Strength Structure Analysis of Main Gate Graving Dock Using pontoons for Condition Repairs. *Makara J. Technol*, 22.
- [7] IBC. (2012). *The International Building Code*. Illinois: INTERNATIONAL CODE COUNCIL.
- [8] Megyesy, E. F. (1998). *Pressure Vessel Handbook*. Tulsa, Oklahoma: Pressure Vessel Publishing, Inc.
- [9] Moss, D. R. (2003). *Pressure Vessel Design Manual*. Gulf Professional Publishing.
- [10] Pratama, H. (2013). *Mechanical Static Equipments*. Dipetik Januari 3, 2019, dari Academia: <http://www.academia.edu>
- [11] Rahmadhani, N. I. (2018). *Analisis Desain De-ethanizer Column 043-T-31002 dan Support Akibat Pengaruh dari Wind Load dan Seismic Load pada Proyek Pembangunan Kilang LNG Tangguh Train 3 di Teluk Bintuni, Papua Barat*. Surabaya: PPNS.