

Analisa Ketebalan Material Pada *Horizontal Gas Separator* dan Jalur Pipa Untuk Penambahan Kapasitas Gas Plant

Muhamad Dimas Ardhana Syakir^{1*}, Mohammad Miftachul Munir², Mardi Santoso³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2}

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: dimas.ardhana@student.ppns.ac.id^{1*}; m.munir@ppns.ac.id^{2*}; mardisantoso@gmail.com^{3*};

Abstract - *Horizontal Gas Separator* is a pressure vessel used to separate production fluid into liquid phase and gas phase. The purpose of this pressure vessel is designed to increase the capacity of the gas plant from one of the natural gas companies in Sidoarjo. In designing this pressure vessel using ASME Section VIII Div 1 standard and for the piping design using ASME standard B31.3. The result of the design of the pressure vessel with material SA-516-70 at a pressure and design temperature of 600 psig and 200 °F obtained a thick shell and head of 1,0625 inches. With MAWP shell and head of 718,512 psi and 731,655 psi. for MAEP on the shell and head of 200,697 psi and 304,977 psi. For pipe design using material A 106 B with a diameter of 8 inch Sch 40 during the manual calculation and CAESAR II software shows the sustained load. Therefore, from the results of manual calculation and CAESAR II software states that the piping system is safe when operating.

Keyword: Pressure Vessel, ASME Section VIII Div, ASME B31.3, Sustained Load

Nomenclature

t	Thickness (inch)
R	Radius (inch)
D	Diameter (inch)
S	Stress value (psi)
E	Quality factor
tm	Thickness minimum (inch)
Do	Outside diameter (inch)
Di	Inside diameter (inch)
Dm	Diameter rata-rata (inch)
Y	Coefficient
W	Weld Joint Strength
σ_{ax}	Tegangan Aksial (psi)
σ_b	Tegangan Bending (psi)
σ_{lp}	Tegangan longitudinal (psi)
Ai	Area inside pipe (Inch ²)
Am	Surface area of pipe (Inch ²)
M	Momen bending (in-lb)
C	Jarak dari netral axis (inch)
I	Momen inersia penampang (in ⁴)

1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan pengolahan gas alam di Kabupaten Sidoarjo akan melakukan *upgrading production facility*. Perusahaan tersebut memerlukan penambahan kapasitas dari *plant* yang telah dimiliki saat ini dikarenakan adanya penambahan sumber natural gas dari 15 MMSCFD menjadi 60 MMSCFD (Million Metric Standard Cubic Feet per Day). Dikarenakan jalur pipa dan *equipment* yang dimiliki perusahaan saat ini tidak mampu menampung penambahan kapasitas tersebut maka perlu adanya penambahan jalur pipa baru serta

equipment baru seperti *separator*, *filter*, dan kompresor.

Separator merupakan suatu alat berbentuk tabung yang berfungsi untuk memisahkan beberapa jenis zat yang memiliki densitas berbeda. Pada penggunaannya, *separator* pada umumnya digunakan untuk menghasilkan fraksi tertentu, contoh dalam kasus ini yaitu menghilangkan kandungan air, minyak, serta pasir yang terbawa selama proses pengolahan gas berlangsung. Bejana tekan memiliki kombinasi tekanan tinggi serta temperature tinggi, dan juga fluida gas yang terdapat didalam bejana tekan juga mudah terbakar. Karena memiliki tingkat resiko bahaya tinggi, maka dalam merancang bejana tekan perlu dilakukan dengan hati-hati.

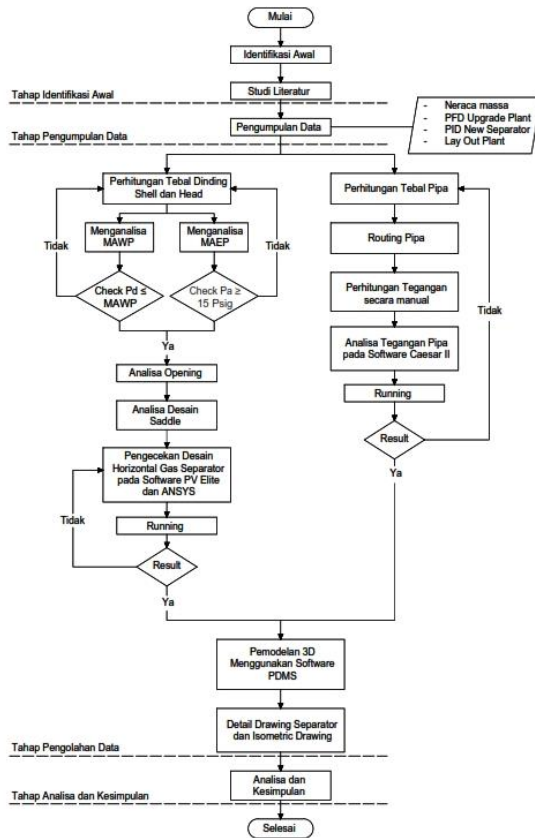
Pada tugas akhir ini bertujuan untuk merancang *horizontal gas separator* serta jalur pipa *inlet* dan *outlet separator* tersebut pada salah satu *Gas Plant* milik perusahaan pengolahan gas alam di Kabupaten Sidoarjo. Penulis menggunakan *standard ASME Section VIII Div 1 Rules for Construction Pressure Vessel* dan *Pressure Vessel Handbook Eugene F. Megyesy* yang selanjutnya akan diperiksa menggunakan *software PV Elite* dan *software ANSYS*. Untuk jalur pipa *inlet* dan *outlet separator* menggunakan *standard ASME B31.3 Process Piping* dan selanjutnya akan diperiksa nilai tegangannya menggunakan *software Caesar II*. *Separator* yang akan di desain ini adalah *separator* tiga fase yang akan memisahkan gas, *liquid*, dan pasir. *Separator* ini dibuat untuk memenuhi kapasitas *plant* gas tersebut dari *flowrate* gas 15 MMSCFD menjadi 60 MMSCFD. sehingga desain *horizontal gas*

separator ini sangat diperlukan untuk pengembangan gas plant tersebut.

2. METODOLOGI

2.1. Metode Penelitian

Untuk diagram alir metodologi pada penelitian kali ini yaitu Analisa ketebalan material horizontal gas separator dan jalur pipa untuk peningkatan kapasitas gas plant dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini



Gambar 1 Diagram alir penelitian

2.2. Perhitungan Ketebalan

Perhitungan ketebalan shell dan head dilakukan berdasarkan tekanan internal dan dimensi luar atau dimensi dalam. Dan dihitung dalam kondisi terkorosi (corroded). Ketebalan shell dengan dimensi luar dapat dihitung dengan persamaan 1 dan ketebalan head dengan dengan dimensi luar dapat dihitung dalam persamaan 2.

Rumus Tebal Shell dengan dimensi luar:

$$t = \frac{PR}{SE+0.4P} \quad (1)$$

Rumus Tebal head dengan dimensi luar:

$$t = \frac{PD}{2SE+1.8P} \quad (2)$$

2.3. Perhitungan MAWP

Maximum allowable working pressure (MAWP) adalah tekanan kerja maksimal yang diijinkan oleh suatu bejana tekan, MAWP bejana tekan merupakan tekanan maksimum internal atau

eksternal, yang dikombinasikan dengan bebanbeban yang mungkin akan terjadi dan tidak termasuk faktor korosi (CA) pada saat kondisi temperatur operasi. MAWP bejana tekan ditentukan oleh komponen yang paling lemah (Komponen shell dan head). MAWP shell ditunjukkan pada persamaan 1, MAWP head ditunjukkan pada persamaan 2

Rumus MAWP pada Shell:

$$P = \frac{SEt}{R-0.4t} \quad (3)$$

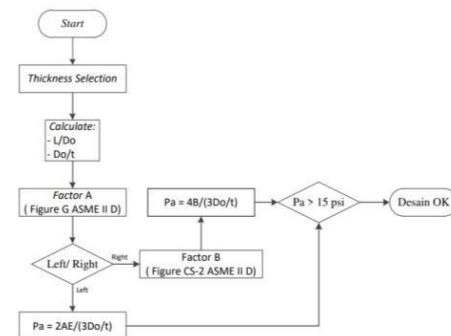
Rumus MAWP pada Shell:

$$P = \frac{2SEt}{D-1.8t} \quad (4)$$

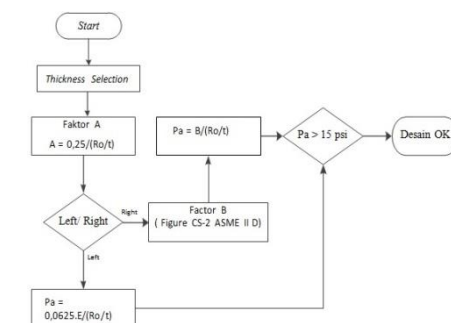
2.4. Perhitungan MAEP

Perhitungan maximum allowable external

pressure diperlukan untuk mengetahui apakah tekanan dalam pressure vessel lebih besar dari external pressure yaitu sebesar 15 psi. Perhitungan ini digunakan agar pada saat pressure vessel dalam keadaan vacuum tidak mengalami pengerutan pada dindingnya. Adapun tahapan perhitungan menentukan nilai tekanan eksternal pada shell dan head dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alur Perhitungan MAEP pada Shell



Gambar 3. Diagram Alur Perhitungan MAEP pada head

2.5. Perhitungan Wall Thicknes Pipa

Penentuan wall thickness pada penelitian ini bertujuan agar jalur pipa tersebut dapat beroperasi dengan aman, menggunakan acuan standar ASME

B31.3 (ASME, 2014), ditunjukkan pada persamaan 1 berikut

$$t_m = \frac{P D_o^2}{(SEW+PY)} \quad (5)$$

2.6. Sustained Load

Sustained load adalah total dari *longitudinal stress* yang diakibatkan oleh tekanan dan berat pada sistem perpipaan [4], sehingga dapat dikatakan istilah lain dari *sustained load* adalah *longitudinal stress*, jenis tegangan dari *longitudinal stress* meliputi *axial stress*, *pressure stress*, dan *bending stress* ketiga persamaan ini ditunjukkan pada Persamaan (6) (7) (8).

$$\sigma_{ax} = \frac{P x A_i}{A_m} \quad (6)$$

$$\sigma_b = \frac{M C}{I} \quad (7)$$

$$\sigma_{lp} = \frac{P A_i}{A_m} = \frac{P d_i^2}{d_o^2 - d_i^2} = \frac{P d_i^2}{4 t d_m} = \frac{P d_o}{4 t} \quad (8)$$

2.7. Finite Element Method dengan ANSYS

FEM adalah suatu metoda yang secara keseluruhan didasari atas pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Dalam metoda ini, struktur yang akan dianalisa, didiskritisasi menjadi elemen-elemen yang kecil (elemen hingga) yang satu sama lainnya dihubungkan dengan titik nodal (titik diskrit). Elemen hingga tersebut yang pada umumnya berbentuk sederhana dibandingkan struktur sebenarnya dan mempunyai ukuran yang berhingga, harus mewakili sifat-sifat dari struktur sebenarnya.

Melakukan analisis metode elemen hingga dengan software Ansys terdiri atas beberapa tahap.

1. *Preprocessing*
2. *Analisis*
3. *Post processing*

2.8. Caesar II

CAESAR II adalah program computer untuk perhitungan *stress analysis* yang mampu mengakomodasi kebutuhan perhitungan *stress analysis*. Software ini sangat membantu dalam *Engineering* terutama di dalam desain *Mechanical* dan sistem perpipaan. Pengguna *Caesar II* dapat membuat pemodelan sistem perpipaan dengan menggunakan “*simple beam element*” kemudian menentukan kondisi pembebanan sesuai dengan kondisi yang dikehendaki. Kemudian memberikan inputan tersebut, *Caesar II* mampu menghasilkan hasil analisa berupa stress yang terjadi, beban, dan pergeseran terhadap sistem yang dianalisa. (*CAESAR II Guide*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan ketebalan

Dari hasil perhitungan ketebalan pada shell, head, wear plate, saddle, dan pipa dapat dilihat pada table 1 berikut.

Tabel 1. Tabel hasil perhitungan ketebalan

	Req. t (inch)	Min. t (inch)
Shell	0,911	1,0625
Head	0,897	1,0625
Wear Plate	0,023	0,5
Saddel	-	0,5
Pipa	0,293	0,322

3.2. Hasil Perhitungan MAWP dan MAEP Horizontal Gas Separator

Setelah dilakukan perhitungan pada dinding *shell* dan *head* maka didapatkan nilai *maximum allowable working pressure* untuk *shell* dan *head* dengan masing-masing sebesar 718,512 psi dan 731,655 psi.

Setelah itu dihitung nilai *maximum allowable external pressure* untuk mengetahui tekanan dalam bejana tekan lebih besar dari *external pressure* sebesar 15 psi. Sehingga saat bejana tekan dalam keadaan vakum tidak akan terjadi pengerutan pada dinding bejana tekan. Apabila perhitungan *external pressure* kurang dari 15 psi, maka diperlukan penambahan *stiffener rings*. Dari perhitungan MAEP didapatkan nilai sebesar 200,697 psi pada *shell* dan 304,977 psi pada *head*. Dikarenakan telah melebihi batas minimal *pressure* sebesar 15 psi maka perhitungan MAEP pada bejana tekan ini aman tidak perlu ditambahkan *stiffener rings*.

3.3. Sustained Load

Nilai tegangan sustain pada sistem perpipaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (6), (7), (8). Dan hasil perhitungan manual serta hasil dari software CAESAR II tertera pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Pada Jalur Pipa Outlet

Segmen	Node	Sustain Load (psi)		Allowable Stress Sustained Load (Psi)
		Manual	Software	
3	30	7903.43	7339.8	20000
4	40	7881.29	7389.4	20000
5	50	7903.43	7377.8	20000
6	60	7928.08	7344.8	20000
7	70	7903.43	7610.8	20000
8	80	7964.14	8402.3	20000
9	90	7964.14	7496.8	20000
10	100	8030.35	7560	20000
11	110	7964.14	7666.5	20000
15	150	7964.14	7519.7	20000
16	160	7964.14	8908.4	20000
17	170	7964.14	7689	20000
18	180	7964.14	7681.6	20000
19	190	7964.14	8118.9	20000
20	200	7974.75	8165.2	20000
21	210	7853.46	7846.4	20000
22	220	7883.37	7367.2	20000
23	230	7874.38	8172	20000

Tabel 3 Hasil Perhitungan Pada Jalur Pipa Inlet

Segmen	Node	Sustain Load (psi)		Allowable Stress Sustained Load (Psi)
		Manual	Software	
25	20	7859.21	7841.4	20000

Segmen	Node	Sustain Load (psi)		Allowable Stress Sustained Load (Psi)
		Manual	Software	
26	30	7817.83	6384.4	20000
27	40	7817.83	6867.5	20000
28	50	7817.83	6708.1	20000
29	60	7824.54	7350.8	20000
33	100	7797.76	6520.8	20000
34	110	7817.83	7248.1	20000
35	120	7792.21	6562.9	20000
36	130	7792.21	6639	20000
37	140	7852.97	6739.5	20000
38	150	7880.84	7903.5	20000
39	170	7880.12	7047	20000
40	180	7804.07	6626	20000
41	190	7830.58	6710.2	20000
42	200	7792.34	6448.7	20000
43	210	7824.54	6665.6	20000

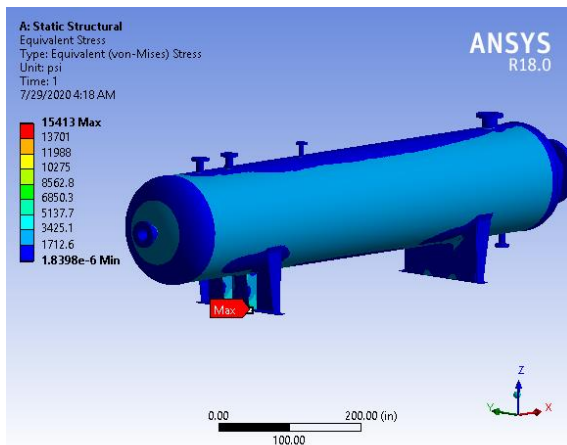
3.4. Analisa FEM Horizontal Gas Separator Menggunakan Software ANSYS

Pada penelitian ini dilakukan *trial error* untuk mengetahui ukuran *mesh* yang cocok. Percobaan dilakukan sampai mendapatkan nilai *error* yang kecil. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Grid Independence

No.	Sizing (inch)	Max. Von-Mises Stress (psi)	Error
1.	10	13879	-
2.	7.5	14688	5,5%
3.	5	15413	4,7%
4.	3	15264	0,9%

Berdasarkan percobaan yang dilakukan selisih antara percobaan 3 dan 4 sebesar 0,9% maka dipilih ukuran *mesh* pada percobaan yang ke 3



Gambar 4. Hasil Simulasi menggunakan software ANSYS

Hasil *running* yang merupakan bagian akhir analisa pada software ANSYS adalah mendapatkan nilai tegangan yang berupa tegangan *von mises*. Berdasarkan analisa tersebut didapatkan nilai tegangan maksimal sebesar 15413 psi terjadi pada *saddle* dan minimal sebesar 0,0000018 psi sehingga dapat diterima karena tidak melebihi *allowable stress material* dari *saddle* sebesar 16600 psi.

4. KESIMPULAN

- Perhitungan manual *horizontal gas separator* dengan tekanan dan temperatur desain sebesar 600 psig dan 200 °F berdasarkan ASME Sec. VIII Div. 1 didapatkan tebal dinding *shell* dan *head* sebesar 1,0625 inch dengan material SA-516-70. Untuk perhitungan MAWP pada *shell* dan *head* sebesar 718,512 psi dan 731,655 psi. untuk MAEP pada *shell* dan *head* sebesar 200,697 psi dan 304,977 psi, karena *external pressure* sudah memenuhi syarat yaitu lebih besar dari 15 psi sehingga tidak perlu ditambahkan *stiffener ring*. Berdasarkan analisa dengan software ANSYS tersebut didapatkan nilai tegangan maksimal sebesar 15413 psi terjadi pada *saddle* dan minimal sebesar 0,0000018 psi sehingga dapat diterima karena tidak melebihi *allowable stress material* dari *saddle* sebesar 16600 psi.
- Nilai tegangan tertinggi akibat *sustained load* pada perhitungan manual terjadi pada segmen 10 node 100 pada jalur pipa *outlet* dengan nilai sebesar 8030,35 psi dan nilai tegangan tertinggi dari hasil running software CAESAR II terjadi pada segmen 16 node 160 pada jalur pipa *outlet* dengan nilai sebesar 8908.4 psi. Sedangkan *allowable stress* untuk *sustained load* sebesar 20000 psi. Sehingga beban masih di bawah *allowable stress* yang diijinkan.

5. SARAN

Saran yang diberikan penulis kepada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya antara lain:

- Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi tegangan dan waktu yang lebih besar untuk dapat menganalisa kecacatan tampilan proses elektroplating
- Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode pengujian selain pengujian korosi
- Pengujian selanjutnya dapat menggunakan variasi lain seperti jarak anoda dan katoda (spesimen), konsentrasi dan jenis lapisan.
- Pengujian selanjutnya dapat menggunakan larutan proses elektroplating yang berfungsi sebagai pelapis yang berbeda.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

- Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

3. Bapak Raden Dimas Endro W., S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Pekik Mahardhika, S.ST., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Moh. Miftachul Munir, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing pertama. Beliau yang selalu memberikan masukan dan solusi dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis dalam penelitian ini.
6. Bapak Mardi Santoso, S.T., M.Eng.Sc., selaku Dosen Pembimbing kedua. Beliau yang selalu memberikan masukan dan solusi dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis dalam penelitian ini.
7. Kedua orang tua yang telah memberi banyak motivasi dan juga nasehat selama menempuh perkuliahan ini.
8. Seluruh staf pengajar Program Studi D-IV Teknik Perpipaan yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir
9. Semua teman-teman *piping engineer* 2016 telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
- [8.] Megyesy, E. F. (2001). Pressure Vessel Handbook 12th edition. Oklahoma: Pressure Vessel Publishing Inc.
- [9.] Mokhtab, S., Poe, W. A., & Mak, J. Y. (2019). *Utility and Offsite Systems in Gas Processing Plants. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*, 537–578. doi:10.1016/b978-0-12-815817-3.00018-6
- [10.] Putri, M.P., Munir, M. M., & Shah, M. (2018). Desain By Pass Line dan Pig Launcher pada Gas Trunkline BS Kambitin II- BS III Tanjung, Proyek Adaro Wilayah Field Tanjung Kalimantan Selatan. Conference of Piping Engineering and It's Applications. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [11.] Rahmadhani, N. I., Munir, M. M., & Rizal, M. C. (2018). Analisis Desain De-ethanizer Coloumn 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. Conference of Piping Engineering and It's Applications. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] ASME. (2010). Rules for Construction of Pressure Vessel ASME Section VIII Divisi 2. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [2.] ASME. (2017). Design Loading. In ASME, Rules for Construction of Pressure Vessel ASME Section VIII Divisi 1 (p. 15). New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [3.] ASME. (2017). Rules for Construction of Pressure Vessel ASME Section VIII Divisi 1. New York: American Society of Mechanical Engineering.
- [4.] ASME. (2014). ASME B31.3-2014, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31. In Chemical Engineer (Vol. 76). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818648-0.00002-8>
- [5.] Aziz, A., Hamid, A., & Hidayat, I. (2014). Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa. 31.
- [6.] Chamsudi, A. (2005). Piping Stress Analysis. Serpong: Badan Tenaga Nuklir Nasional PUSPITEK.
- [7.] Kannappan, Sam. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.