

Analisa Perhitungan *Optimum Thickness*, MAWP, Tegangan, dan *Lifetime* pada Gas Dryer dengan Material A516M Gr. 70 pada Proyek SPBG (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas)

Fakhri Hermadigi Diyantama^{1*}, Moh. Miftachul Munir², Fipka Bisono³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Desain & Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: fakhrihermadigi@student.ppns.ac.id^{1*}

Abstract - High pressure rise is developed in the pressure vessel and pressure vessel has to withstand severe forces. So the selection of pressure vessel is most critical. That's why we can say that pressure vessel is the heart for storage of fluid. Pressure vessel must pass series of Hydrostatic tests. These tests examine the ability of the structure to withstand various pressures to see if protective zone around the operator station remains intact in an overturn. The structure is to be designed, fabricated, fitted and checked as per ASME standard. Therefore the design of pressure vessel is critical and standard codes are required to be used for the design purpose. For the industries based on pressure vessel design and manufacturing softwares are developed which eliminate the hectic task of doing analytical calculations. The softwares have the standard codes embedded in them and work on the pressure vessel design according to the design criteria and standard formulae given in the codes. PV Elite is one such software developed by Integraph for design of vessels. The results obtained by using the software are reliable, accurate and more promising than the analytical calculations done by the engineers.

Keyword: Design, Pressure Vessel, ASME Code & Standart, PV Elite

Nomenclature

t	ketebalan silinder [in]
P	tekanan [psi]
D	diameter silinder [in]
R	jari-jari silinder [in]
S	tegangan [psi]
E	joint efficiency
CA	corrosion allowance [in]
F	tegangan geser [lb]
H	tinggi bejana [ft]
M	momen [lb.ft]
W	berat [lb]
CR	corrosion rate [mmpy]

1. PENDAHULUAN

Vessel, tangki, dan pipa yang membawa, menyimpan, atau menerima cairan disebut bejana tekan. Bejana tekan didefinisikan sebagai wadah dengan perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar bejana. Bagian dalam biasanya bertekanan lebih tinggi dari luar. Fluida di dalam bejana dapat mengalami perubahan status seperti halnya boiler, atau dapat bergabung dengan reagen lain seperti pada kasus reaktor kimia.

Bejana tekan biasanya memiliki kombinasi tekanan tinggi dan suhu tinggi, dan didalam beberapa kasus cairan yang mudah terbakar atau bahan yang sangat radioaktif. Karena bahaya seperti itu desain menjadi sangat penting untuk

menjamin tidak ada kebocoran yang terjadi. Selain itu bejana tekan ini harus dirancang dengan hati - hati untuk mengatasi suhu dan tekanan operasi. Harus diingat bahwa kegagalan bejana tekan berpotensi menyebabkan cedera fisik yang besar dan kerusakan. Keselamatan dan integritas pabrik adalah perhatian mendasar dalam desain bejana tekan dan ini tentu saja tergantung pada kecukupan kode desain. Selain kode desain perhitungan bejana tekan juga bisa didapatkan dengan *software* PV Elite.

Integraph PV Elite adalah solusi lengkap untuk desain bejana tekan. Kita dapat dengan cepat mendesain peralatan untuk kasus yang paling ekstrim dan mendapatkan hasil yang akurat. *Software* ini memiliki data preset dari semua elemen dan detail yang dibutuhkan untuk sebuah bejana. *Software* mengambil input dari *user* tentang elemen dan detail bejana dan mengubah data input menjadi model bejana yang sebenarnya. Input didasarkan pada persyaratan *user* dan pengalaman *user* dalam mendesain bejana dan dapat berubah tergantung pada pengaplikasiannya.

PV Elite termasuk CodeCalc yang dapat digunakan untuk desain dan evaluasi komponen yang cepat dan akurat. Output diproses menjadi parameter seperti ketebalan yang diperlukan, tekanan kerja maksimum yang diijinkan (MAWP) dan tekanan seperti tekanan internal dan eksternal,

nozzle dan flange. Hasil keseluruhannya adalah ringkasan tentang apakah bejana mampu mendukung tekanan yang terjadi dan mengidentifikasi keseluruhan kerja maksimum yang diijinkan tekanan (MAWP).

2. METODOLOGI.

2.1 Standart Perancangan yang Digunakan

A. Shell

Desain shell berdasarkan standar ASME UG-27 dan UG-28. Shell berupa silinder. UG-27 menyatakan bahwa ketebalan shell di bawah tekanan dalam harus tidak boleh kurang dari ketebalan hasil perhitungan dengan formula yang telah ditentukan. Sedangkan UG-28 menyatakan bahwa aturan untuk mendesain shell atau tabung pada ASME Section VIII hanya untuk shell tipe silindris dan spherical.

B. Head

Desain head berdasarkan standar ASME UG-32 yang menyatakan bahwa ketebalan head yang dibutuhkan pada titik paling tipis setelah proses pembentukan harus dihitung berdasarkan persamaan yang telah ditentukan. Desain head yang dipakai adalah ellipsoidal heads seperti pada ASME UG-32.

C. Opening

Desain opening berdasarkan standar ASME UG 36 yang menyatakan bahwa opening pada bejana atau head lebih baik berbentuk lingkaran, elips atau obround. Opening yang akan dirancang adalah berbentuk silindris dengan penyambungan las. Inspection opening didesain berdasarkan ASME UG-46.

2.2 Perhitungan Manual Bejana Tekan

Perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan tentang bejana tekan yang diatur dalam ASME BPVC Section VIII Division I. Dalam ASME BPVC Section VIII Division I ini mengatur berbagai perhitungan seperti perhitungan ketebalan, Maximum Allowable Working Pressure (MAWP), Maximum Allowable External Pressure (MAEP), Tegangan yang terjadi karena Wind Load dan Seismic Load, dan perhitungan nozzle.

Perhitungan ketebalan dibagi menjadi 2 rumus yaitu rumus tebal shell dan rumus tebal head.

Rumus tebal shell :

$$t = \frac{P_d \cdot R_{corr}}{S \cdot E - 0,6 \cdot P_d} + CA \quad (1)$$

Rumus tebal head :

$$t = \frac{P_d \cdot D_{corr}}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P_d} + CA \quad (2)$$

Perhitungan Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) juga dibagi menjadi 2 yaitu MAWP shell dan MAWP head.

Rumus MAWP shell :

$$MAWP = \frac{S \cdot E \cdot t_{shell}}{R_{corr} + 0,6 \cdot t_{shell}} \quad (3)$$

Rumus MAWP head :

$$MAWP = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t_{head}}{D_{corr} + 0,2 \cdot t_{head}} \quad (4)$$

Perhitungan tekanan tes hidrostatik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan bejana tekan dengan air setelah bejana tekan selesai diproduksi.

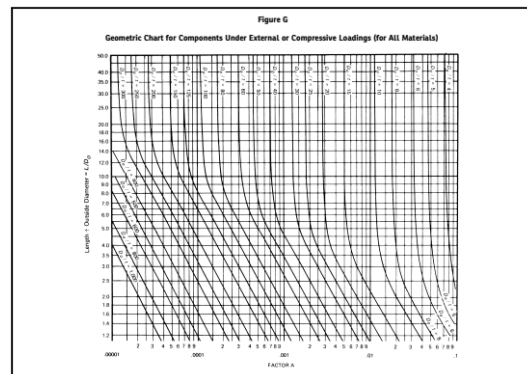
Rumus tekanan tes hidrostatik :

$$P_{hs} = 1,3 \cdot P_d \frac{S \text{ dengan } T_{test}}{S \text{ dengan } T_{desain}} \quad (5)$$

Perhitungan Maximum Allowable External Pressure (MAEP) bertujuan untuk mengetahui apakah plat yang digunakan mampu untuk menahan tekanan luar yang bekerja sebesar 15 psi.

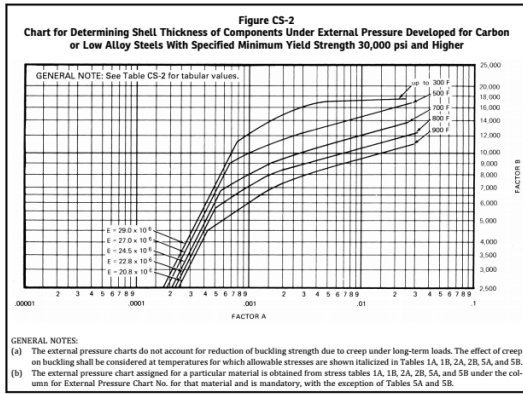
Pada perhitungan MAEP juga ada 2 rumus yaitu MAEP shell dan MAEP head. Pada MAEP shell ada beberapa tahapan hingga menemukan nilai MAEP :

1. Menentukan nilai L/D_o
2. Menentukan nilai D_o/t
3. Menentukan nilai A dari figure G



Gambar 2.1 Figure G

4. Menentukan nilai B dari chart CS-2



Gambar 2.2 Chart CS-2

5. Menghitung MAEP

Rumus MAEP shell :

$$P_a = \frac{4 \cdot B}{3 \cdot \left(\frac{D_o}{t}\right)} \quad (6)$$

Pada MAEP head juga ada beberapa tahapan hingga menemukan nilai MAEP :

1. Menentukan nilai A

Rumus nilai A :

$$A = \frac{0,125}{R_o} \cdot \frac{B}{t} \quad (7)$$

2. Menentukan nilai B dari chart CS-2
3. Menghitung MAEP

Rumus MAEP head :

$$P_a = \frac{B}{R_o} \cdot \frac{t}{t} \quad (8)$$

Setelah menghitung tekanan internal dan tekanan eksternal, perhitungan bejana tekan *vertical* dilanjutkan dengan menghitung *wind load*, *seismic load*, dan *nozzle*.

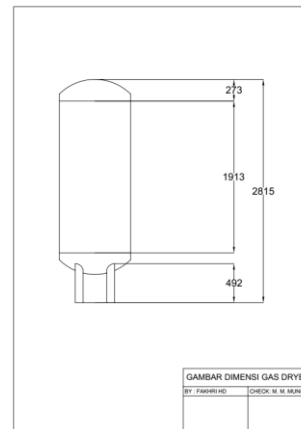
Wind load atau beban angin yang dimaksud adalah angin dengan aliran yang turbulen dipermukaan bumi dengan kecepatan yang bervariasi. Angin disini juga diasumsikan sebagai angin yang mempengaruhi kecepatan rata-rata tertentu pada fluktuasi aliran *turbulen* tiga dimensi lokal.

Kekuatan seismik pada bejana berasal dari pergerakan getaran yang tidak teratur secara tiba-tiba di dalam tanah tempat bejana berada dan bejana terpengaruh oleh gerakan tersebut. Faktor utama yang merusakkan struktur bejana akibat getaran adalah intensitas dan durasi gempa yang terjadi. Gaya dan tegangan yang terjadi selama gempa pada struktur adalah transien, tegangan dinamik alami, dan tegangan kompleks.

2.3 Perhitungan Software PV Elite

Bejana tekan dimodelkan dari bawah ke atas sesuai dengan gambar dimensi dan data yang telah

ada seperti pada gambar 2.3. Elemen-elemen yang ada pada pemodelan bejana tekan ini berdasarkan perhitungan dasar yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 2.3 Gambar dimensi Gas Dryer

Elemen 1

Ellipsoidal Head : diameter dalam = 35,43 in, *straight flange length* = 3,54 in, ketebalan = 0,25 in, material = SA 516m Gr. 70, tekanan internal = 211 psi, suhu internal = 482°F

Elemen 2

Cylindrical Shell : diameter dalam = 35,43 in, panjang = 75,31 in, ketebalan = 0,25 in, material = SA 516M Gr. 70, tekanan internal = 211 psi, suhu internal = 482°F

Elemen 3

Ellipsoidal Head : diameter dalam = 35,43 in, *straight flange length* = 3,54 in, ketebalan = 0,25 in, material = SA 516m Gr. 70, tekanan internal = 211 psi, suhu internal = 482°F

Elemen 4

Leg : jarak dari node = dari node 1 (0 in), ukuran = 6 in x 6 in x 20 in.

Data Nozzle :

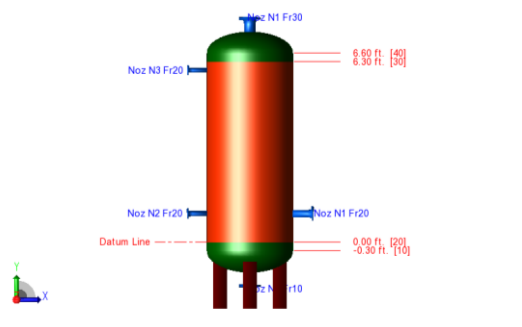
Nozzle N1 pada elemen 1 : NPS = 4 in, *outside projection* = 12 in.

Nozzle N1 pada elemen 2 : NPS = 2 in, *outside projection* = 12 in.

Nozzle N2 pada elemen 2 : NPS = 1 in, *outside projection* = 12 in.

Nozzle N3 pada elemen 2 : NPS = 3/4 in, *outside projection* = 12 in.

Nozzle N1 pada elemen 3 : NPS = 4 in, *outside projection* = 12 in.



Gambar 2.4 Pemodelan Bejana Tekan

2.4 Perhitungan Lifetime

Perhitungan lifetime pada analisa kali ini membutuhkan data dari ketebalan optimal bejana tekan yang baru dan ketebalan bejana tekan setelah terkorosi dan juga adanya laju korosi sebagai faktor pembagi.

Rumus Lifetime :

$$L = \frac{t - t_r}{CR} \quad (9)$$

Dimana L adalah Lifetime.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bawah ini merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan antara perhitungan bejana tekan secara manual dan perhitungan bejana tekan yang dilakukan oleh software PV Elite.

Tabel 3.1 : Perbandingan perhitungan bejana tekan

Parameter		Hasil Perhitungan	
		Manu al	PV Elite
Desain Tekanan Internal	Tebal Dinding Shell (in)	0,25	0,2487
	Tebal Dinding Shell Pasaran (in)	0,25	0,25
	Tebal Dinding Head (in)	0,25	0,2469
	Tebal Dinding Head Pasaran (in)	0,25	0,25
	MAWP Shell (psi)	278,86	279,88
	MAWP Head (psi)	280,90	281,85
Tekanan Eksternal	Tekanan Tes Hidrostatik (psi)	274,30	228,02
	Tebal Dinding Shell yang diperlukan (in)	-	0,168
	Tebal Dinding Head yang diperlukan (in)	-	0,093

Tebal Dinding Head (in)	0,25	0,25
Tekanan Ijin Maksimum Shell (psi)	25,47	20,52
Tekanan Ijin Maksimum Head (psi)	64,85	62,57

Dari tabel di atas didapat bahwa ketebalan shell dari perhitungan manual sebesar 0,25 in dan dari perhitungan software sebesar 0,2487 in dengan persentase error sebesar 0,52%. Sedangkan ketebalan head dari perhitungan manual sebesar 0,25 in dan dari perhitungan software sebesar 0,2469 in dengan persentase error sebesar 1,26%. Nilai MAWP Shell pada bejana tekan dari hasil perhitungan manual sebesar 278,86 psi sedangkan dari hasil perhitungan software sebesar 279,88 psi dengan persentase error sebesar 0,36%. Nilai MAWP Head pada bejana tekan dari hasil perhitungan manual sebesar 280,90 psi sedangkan dari hasil perhitungan software sebesar 281,85 psi dengan persentase error sebesar 0,34%.

Pada perhitungan tekanan tes hidrostatik didapat nilai sebesar 274,30 psi dari perhitungan manual sedangkan dari perhitungan software didapat nilai sebesar 228,02 psi dengan nilai persentase error sebesar 20%.

Untuk Maximum Allowable External Pressure (MAEP) pada Shell didapat dari perhitungan manual sebesar 25,47 psi sedangkan dari perhitungan software sebesar 20,52 psi dengan nilai persentase error sebesar 24%. Untuk MAEP pada head didapat dari perhitungan manual sebesar 64,85 psi sedangkan dari perhitungan software sebesar 62,57 psi dengan persentase error sebesar 3,64%.

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan di atas adalah :

1. Desain ketebalan untuk bejana tekan yang telah dihitung dalam penelitian ini sudah tergolong aman untuk tekanan internal.
2. Nilai MAWP yang didapat dari penelitian ini sudah melebihi dari tekanan desain bejana tekan yaitu sebesar 211 psi.
3. Nilai MAEP yang didapat dari penelitian ini sudah melebihi tekanan eksternal yaitu sebesar 15 psi.
4. Desain bejana tekan ini mampu mengatasi tekanan tes hidrostatik.
5. Lifetime untuk bejana tekan dengan perhitungan desain ini selama 36 tahun.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini dan

mendukung saya dalam proses menyelesaikan penelitian ini.

7. PUSTAKA

- [1] ASME, (2013). ASME Boiler & Pressure Vessel Code : VIII – Div 1 Rules for Construction of Pressure Vessels. *VIII Division 1 : Rules for Construction of Pressure Vessels* : p. 1-864.
- [2] Aziz, Abdul, Abdul Hamid, and Imam Hidayat, (2014). Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa. *Sinergi*, 18 : p. 31-38.
- [3] Bhosale, Hemant, Dilpreet Singh Bedi, and Akash Modasara, (2017). Design of Vertical Pressure Vessel Using PV Elite Software.
- [4] Kurniawan, Ilham, (2010). Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) Tipe Separator Untuk Fluida Gas.
- [5] Pendbhaje, R. Apurva, Mahesh Gaikwad, Nitin Deshmukh, and Rajkumar Patil, (2014). Design and Analysis of Pressure Vessel. *International Journal of Innovative Research in Technology & Science* 2(3) : p. 28-34.
- [6] Rahmadhani, Nadia Imamah, Mohammad Miftachul Munir, and Mochammad Choirul Rizal, (2018). Analisis Desain De-Ethanizer Coloumn 043-T-31002 Dan Support Akibat Pengaruh Wind Load Dan Seismic Load Pada Proyek Pembangunan Kilang LNG Tangguh Train 3 Di Teluk Bintuni, Papua Barat.
- [7] Satrijo, Djoeli Dan, and Syarief Afif Habsya, (2012). Perancangan Dan Analisa Tegangan Pada Bejana Tekan Horizontal. *ROTASI Jurnal Teknik Mesin* 14(3) : p. 33

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)