

Desain Vertical Pressure Vessel Tipe Heater Treater dengan Skirt Support pada Pengolahan Minyak dan Gas

Ainun Mustaqim^{1*}, Moh. Miftachul Munir², Ekky Nur Budiyo³

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

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

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: ainunmust9101@gmail.com^{1*}; m.munir@ppns.ac.id^{2*}; ekky@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - Drilling new oil wells requires separator equipment as a separator between oil, water and gas in order to become quality oil products. It is necessary to design a vertical heater treater type separator that considers internal pressure, external pressure, Maximum Allowable Working Pressure (MAWP), calculations of wind loads and earthquake loads. To review the design results against the standards used (ASME SEC VIII Div 1, ASCE 7), modeling and simulation are also carried out using software. Based on the results of manual calculations, the required thickness value for the top head, shell and bottom head is 0.289 inch. Meanwhile, from software analysis, the required thickness value is 0.274 inch for top head, 0.280 inch for shell and 0.279 inch for top head. The maximum deflection value of heater treater is 0.063 inch for manual calculation and 0.096 inch for analysis from software. The maximum stress value is 7683.3 psi which occurs on the skirt heater treater.

Keyword: Deflection, pressure vessel design, heater treater, wind load.

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

MAWP	<i>Maximum allowable working pressure</i> [psi]
S	Tegangan maksimum yang diijinkan material [psi]
E	Efisiensi sambungan las
t	Tebal <i>shell</i> tanpa faktor korosi [in]
D	Diameter bejana tekan tanpa faktor korosi [in]
P	Internal Pressure [psi]
I	<i>Importance faktor</i>
V	<i>Basic wind speed</i> [mph]
F	<i>Design wind force</i> [lb]

1. PENDAHULUAN

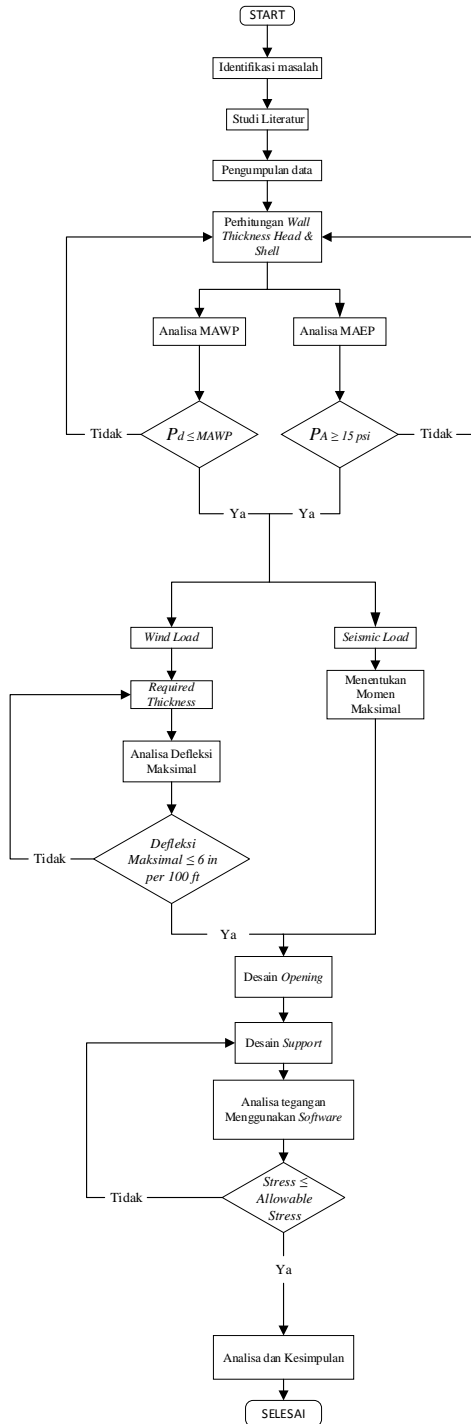
Perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan minyak dan gas yang sedang melakukan pengeboran sumur minyak baru, minyak mentah yang dihasilkan oleh sumur minyak tentu membutuhkan proses pemisahan agar menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Salah satu produk dari perusahaan ini yaitu minyak mentah, dan untuk menghasilkan minyak mentah ini, dibutuhkan separator sebagai *equipment* pemisahannya.

Separator column vertical sendiri adalah bejana bertekanan (*pressure vessel*) berbentuk vertikal yang digunakan untuk memisahkan fluida sesuai dengan densitas fluida penyusunnya, dalam hal ini separator yang dipakai adalah separator jenis *heater treater* yang digunakan untuk memisahkan 3 jenis fluida antara lain : gas, air dan minyak, *Pressure vessel* yang akan dirancang memiliki kapasitas 10000 *Barrel Fluid Per Day* (BFPD), dengan diameter *oil inlet* dan *outlet* sebesar 6” dan didesain dengan tekanan 100 psig, serta temperatur desainnya yaitu 200 °F. Dalam pembuatan bejana tekan vertikal ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan, antara lain seperti perhitungan terhadap *wind load and seismic load*. Selain itu perlu dilakukan perhitungan biaya agar dapat memperkirakan besar biaya yang akan dikeluarkan untuk perancangan *pressure vessel* ini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang separator jenis *heater treater* dengan menggunakan *standard ASME SEC. VIII Division 1, Rules for Construction Pressure Vessel*, dan *Pressure Vessel Handbook Eugene F. Megyesy* serta menggunakan bantuan *software* untuk pemodelan dan analisa

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Didalam penelitian ini di perlukan data-data untuk perhitungan. Data-data di dapat dari data teknis dan data lapangan. Berikut ini adalah diagram proses pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



2.2 Penentuan Ketebalan Shell dan Head

Penentuan ketebalan shell dan head dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu, perhitungan

berdasarkan tekanan internal dan dimensi dalam serta berdasarkan tekanan internal dan dimensi luar baik dalam kondisi baru (*new*) ataupun dalam kondisi terkorosi (*corroded*). Untuk menentukan ketebalan shell dan head bejana tekan berdasarkan tekanan internal dan dimensi luar dapat dilakukan dengan rumus pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan ketebalan shell dan head berdasarkan tekanan internal dan dimensi luar

No.	Bagian (Gambar)	Nama Bagian	Perhitungan
1.		Cylindrical Shell	$t = \frac{PR}{SE + 0.4P}$
2.		Sphere and Hemispherical head	$t = \frac{PR}{2SE + 0.8P}$
3.		2:1 Ellipsoidal Head	$t = \frac{PD}{2SE + 1.8P}$

Sumber : Megyessy, 1998

2.3 Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)

Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) adalah tekanan kerja maksimal yang diijinkan oleh suatu bejana tekan. MAWP bejana tekan merupakan tekana maksimum internal atau eksternal, yang dikombinasikan dengan beban-beban yang mungkin akan terjadi pada saat kondisi temperatur operasi. MAWP bejana tekan ditentukan oleh komponen yang paling lemah (shell atau head). Perhitungan untuk menentukan MAWP setiap bagian dari bejana tekan dapat menggunakan Persamaan 1, dan Persamaan 2 berikut ini.

a. MAWP shell dengan menggunakan outside diameter

$$MAWP_{shell} = \frac{S.E.t}{R + 0.4t} \tag{1}$$

b. MAWP 2:1 ellipsoidal head dengan menggunakan outside diameter

$$MAWP_{head} = \frac{2.S.E.t}{D + 1,8t} \tag{2}$$

2.4 Maximum Allowable External Pressure (MAEP)

Perhitungan maximum allowable external pressure diperlukan untuk mengetahui apakah tekanan dalam pressure vessel lebih besar dari eksternal pressure yaitu sebesar 15 psi (ASME UG-28(f)). Perhitungan ini digunakan agar pada saat pressure vessel dalam keadaan vacuum tidak mengalami pengerutan pada dindingnya. Apabila dari perhitungan eksternal pressure diketahui

bahwa pressure lebih kecil dari 15 psi, maka diperlukan penambahan *stiffner rings*.

2.5 Wind Load

Angin yang dimaksud adalah angin dengan aliran yang *turbulen* dipermukaan bumi dengan kecepatan yang bervariasi. Perancangan bejana ekan terhadap beban angin mengacu pada standar ANSI atau ASCE 7.

a. Maximum deflection (ΔM)

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. *Vertical pressure vessel* harus didesain untuk mengalami defleksi tidak lebih dari 6 inch per 100 feet dari ketinggian.

2.6 Seismic Load

Kekuatan *seismic* 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 merusa 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. Perancangan bejana tekan terhadap beban angin mengacu pada standar ANSI atau ASCE 7-10

2.7 Finite Element dengan Software

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.

3. HASIL DAN PEMBAHASA

3.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan yaitu desain PID serta *data sheet heater treater*. Serta *handbook* desain *pressure vessel*.

3.2 Perhitungan Thickness

Perhitungan tebal *shell* dan *head* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor internal maupun eksternal, serta kombinasi pembebanan akibat angin dan gempa.

Data perhitungan sebagai berikut:

- Tekanan desain P = 114,7 psi
- Jari-jari dalam R = 30 in
- Diameter luar D = 60 in
- *Joint efisiensi* E = 1

Required thickness dipengaruhi oleh *internal pressure* dan juga beban angin. Tabel 2 berikut

ini merupakan hasil perhitungan *required thickness*.

Tabel 2 *Required thickness*

Section	Bagian	t _{internal pressure} (in)	t _{wind load} (in)	Required Thickness (in)
1	Top Head	0,296	0,188	0,5
2	Shell	0,296	0,188	0,5
3	Bottom Head	0,296	0,188	0,5

Sumber : Data Penulis, 2020

3.3 Perhitungan Wind Load

Berikut ini merupakan data angin berdasarkan ASCE 7 :

- V = 70 mph
- I = 1
- Exposure C
- Risk Category III

Mencari *wind load*, *shear* dan *moment* yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Desain Akibat Beban Angin

Fi (lb)	Qi (lb)	Mi (lb.ft)	Section	h section
1533,456	1333,456	31877,483	1	20,788 ft
1412,55	3066,912	79693,708	2	20 ft
1000,579	2825,1	124488,328	3	15 ft

Sumber : Data Penulis, 2020

3.4 Defleksi

Nilai defleksi akibat pembebanan pada Tabel 3 dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Defleksi

Section	Defleksi (in)
1	0,0029
2	0,0037
1-2	0,0062
3	0,0378
2-3	0,0123
Total	0,063

Sumber : Data Penulis, 2020

3.5 Perhitungan Seismic Load

Ada beberapa faktor dan data yang diperlukan sebelum menghitung beban angin, berikut ini merupakan data angin berdasarkan ASCE 7-10 :

- o I = 1,25
- o Site Class A
- o Risk Category III

percepatan batuan dasar pada perioda pendek (S_s) pada 0.2 detik = 0,040. percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik (S₁)= 0,059. nilai koefisien F_a dan F_v yaitu 1. *the maximum considered earthquake (risk-targeted), 5 percent damped, spectral response acceleration parameter at short periods adjusted for site class effects (SMS)=0,040. The maximum considered earthquake (risktargeted), 5 percent damped, spectral response acceleration parameter at a period of 1 second adjusted for site class effects*

(SMI)=0,059. nilai *design*, 5 percent damped, *spectral response acceleration parameter at short periods (SDS)* dan *design*, 5 percent damped, *spectral response acceleration parameter at aperiod of 1 second (SD1)* adalah 0,027 dan 0,039, Kemudian mencari nilai *fundamental periode (T)* yaitu 0,695 sec, dengan *response modification factor* adalah 2, selanjutnya mencari *seismic response coefficient*, (*Cs*) yaitu 0,037. lalu nilai tersebut dikalikan dengan berat *pressure vessel (W)* yang hasilnya adalah *base shear* dengan nilai 5,3387 kips. Kemudian mencari nilai *portion of seismic force (F_t)* = 0,260. Kemudian mencari gaya lateral persection seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Gaya lateral per section

Sec	W (kips)	h (ft)	W x h	$C_{vx} \frac{W_x h_x^2}{\sum W_x h_x}$	V	$F_x = C_{vx} V$
1	51,1	20,8	1061,9	1	5,3	2,03
2	50,9	20	1019,7	2	5,3	1,95
3	47,1	15	706,1	3	5,3	1,35
Total						5,339

Sumber : Data Penulis

Setelah itu menghitung nilai momen pada *base (Mb)*

$$M_b = F_t \cdot H + \frac{2}{3} (F_x \cdot H)$$

$$M_b = 0,26 \text{ kips} \cdot 20,8 \text{ ft} + \frac{2}{3} (5,339 \text{ kips} \cdot 20,8 \text{ ft})$$

$$M_b = 79,39 \text{ ft.kips}$$

Acceptance criteria untuk momen pada *base* tidak boleh kurang dari 80% *base shear*

$$M_b = 79,39 \text{ ft.kips} \geq 80\% V$$

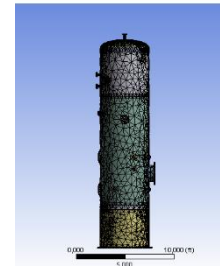
$$M_b = 79,39 \text{ ft.kips} \geq 80\% 5,3 \text{ kips}$$

$$M_b = 79,39 \text{ ft.kips} \geq 4,271 \text{ kips}$$

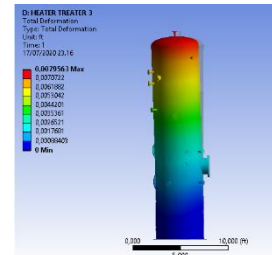
(memenuhi *acceptance criteria*)

3.6 Finite Element dengan Software

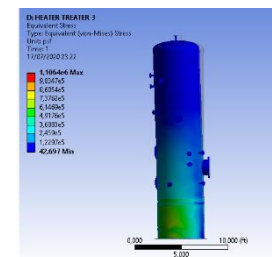
Saat membuat geometri *pressure vessel*, pembuatan tinggi *pressure vessel* sebaiknya disesuaikan dengan tinggi per-section-nya, agar memudahkan saat pembebanan. Kemudian dilakukan *meshing* dengan ukuran 1 inch, yang dapat dilihat pada Gambar 1. Setelah itu dilakukan pembebanan per section dengan besar beban seperti pada Tabel 4. Kemudian setelah di *running* dengan pemilihan *output* berupa deformasi dan *stress* akan tampak seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Meshing



Gambar 2. Deformasi



Gambar 3. Stress

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan manual dengan panduan *ASME Section VIII Div. 1* dan *software*, serta perhitungan terhadap beban angin, didapatkan hasil ketebalan akhir *shell* dan *head* yaitu 0,5 inch. Untuk maksimum defleksi yang terjadi masih memenuhi standar yaitu kurang dari 6 inch per 100 ft. Momen yang terjadi pada *base* akibat adanya *seismic load* juga masih aman dimana nilai momen pada *base* tidak kurang dari 80% *base shear* nya. Kemudian untuk analisa tegangan dari *software* dalam kategori aman, di mana nilai tegangannya 7683.3 psi atau di bawah *allowable stress* material.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Aziz, A. H. d. I. H., 2014. *Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa*. s.l., s.n.
- [2] ASCE, 2002. *ASCE 7 : Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. In: Washington: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, p. 408.
- [3] ASME, 2010. *Rule for Construction of Pressure Vessel, Section VIII Div. 1*. In: New York: AMERICAN SOCIETY OF

- MECHANICAL ENGINEERS,
p. 798.
- [4] ASME, 2017. Boiler and Pressure Vessel Code sec II D. In: New York: AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, p. 1192.
- [5] Megyessy, E. F., 1998. *Pressure Vessel Handbook*. Twelfth ed. Tulsa, Oklahoma: Pressure Vessel Publishing, Inc..
- [6] Rahmadhani, Nadia Imamah, Mohammad Miftachul Munir, and Mochammad Choirul Rizal. 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.” *Proceeding of Second Conference on Piping Engineering and its Application*.