

Perancangan *Main Condensate Tank* untuk Menampung Air Kondensat pada Unit *Condensate Recovery System*

Galanstiano Putra Mahardika¹, M. Anis Mustaghfirin², Dianita Wardani³

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia¹

Program studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

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

Email: Galanstiano.putra@student.pppns.ac.id^{1*}; Mustaghfirin@ppns.ac.id^{2*}; Dianitawardani@ppns.ac.id^{3*}.

Abstract - An oil refinery company located in Balikpapan, East Kalimantan is building a new plant, named New Crude Palm Oil (CPO) Refinery Plant. In this plant, a pressure vessel called Main Condensate Tank is required to accommodate condensate water. Main Condensate Tank design refers to ASME section VIII division I with SA 516 grade 70 material. The design pressure value is 2 barg and the design temperature value is 180°C. Modeling and stress analysis using software. Based on the results of the manual thickness calculation for the shell and head 0,438 in. For the shell and head MAWP values obtained are 144,576 psi and 170,816 psi. Meanwhile, the MAEP shell and head values obtained are 18,081 psi and 40,495 psi. The stress analysis using software obtained a max. von-mises stress value of 12959 psi and can be considered safe because it is still below the material allowable stress.

Keywords: ANSYS, Pressure Vessel, Von-Misses

Nomenclature

t	Thickness [in]
P	Pressure [psi]
R	Radius [in]
D	Diameter [in]
E	Joint Efficiency
t_m	Min. Thickness [in]
D_o	Outside Diameter [in]
D_i	Inside Diameter [in]
CA	Corrosion Allowance [in]

1. PENDAHULUAN

Perusahaan kilang minyak yang berlokasi di Balikpapan, Kalimantan Timur sedang melakukan pembangunan plant baru yaitu *New Crude Palm Oil (CPO) Refinery Plant* yang nantinya menghasilkan produk rafinasi yaitu *Refined, Bleached, Deodorized (RBD) oil* dan hasil fraksinasi yaitu *Palm Olein*. Pada plant ini terdapat banyak unit yang akan mengolah CPO dan RBD oil, yaitu *Compressed Air System, Water Treatment System, Cooling Water System, Steam Boiler System, Diesel Own Use System, Electrical Power Supply System, Rain Harvest System, Condensate Recovery System, dan Drain System*.

Unit *Condensate Recovery System* merupakan unit penting dimana unit ini berfungsi untuk mengolah dan menyediakan air *utility* yang diperlukan untuk terminal dan mengumpulkan kondensat panas untuk diteruskan ke *Steam Boiler System*. Kondensat akan dikumpulkan dari *Refinery Plant, Fractionation Plant, dan Tank*

Farm yang nantinya dari 3 area tersebut akan disediakan 3 *Condensate Tank* dan *transfer pump*. Kondensat dari masing-masing tangki akan di tampung di *Main Condensate Tank* dengan kapasitas yang sama dengan kapasitas *Boiler* sebelum dipindahkan ke *Steam Boiler System*.

Dalam mendesain suatu *pressure vessel* diperlukan teori-teori pendukung yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan dasar pengetahuan dalam penyelesaian masalah penelitian ini. Ada beberapa penelitian yang membahas tentang perancangan desain *horizontal vessel*, yaitu pada Tugas Akhir dari Theresia Andriani (2023) yang berjudul "Perancangan *Crude Palm Oil Separator* beserta Jalur Pipa *Inlet* dan *Outlet* pada proyek *Onshore Processing Facility* di Balongan, Jawa Barat". Untuk penelitian yang membahas tentang analisis tegangan dan kelelahan *pressure vessel*, yaitu pada Tugas Akhir dari Muhammad Imaduddin Azmi (2022) yang berjudul "Desain Bejana Tekan Vertikal VE-3003 (*Filtered Product Tank*) untuk Menampung Senyawa Amina". Adapun sumber literatur dari buku karangan Eugene F. Megyesy yang berjudul "*Pressure Vessel Handbook*" dan buku karangan Dennis Moss yang berjudul "*Pressure Vessel Design Manual*". Selain itu, terdapat studi literatur dari *standard* "ASME section VIII division 1".

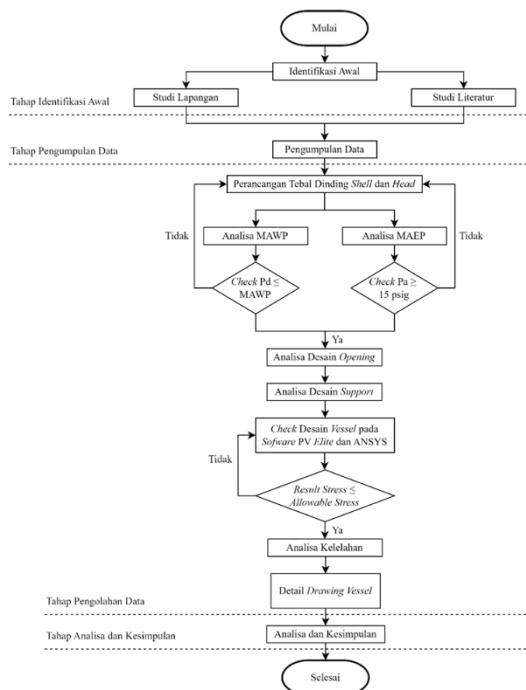
Penelitian ini bertujuan untuk merancang *Main Condensate Tank* dengan *design pressure* sebesar 2 barg, *design temperature* 180°C, dan *capacity* 20 m³ milik perusahaan kilang minyak

di Balikpapan, Kalimantan Timur. Dokumen yang digunakan sebagai acuan adalah *standard ASME section VIII division 1 part UG-27 (c)* dan *part Appendix 1-4 (c) Rules for Construction Pressure Vessel* dan buku dari Eugene F. Megyesy yaitu *Pressure vessel Handbook* yang kemudian akan diperiksa menggunakan *software*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dibuat sebagai metode dan tahapan dalam menjawab rumusan masalah. Untuk detail metode yang digunakan pada penelitian ini dari dimulainya pengerjaan hingga selesai dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Perhitungan Thickness

Perhitungan *thickness shell* dan *head* dikalkulasi berdasarkan referensi dari buku karangan Eugene F. Megyesy yang berjudul “*Pressure Vessel Handbook*”. Perhitungan *thickness shell* dan *head* dilakukan berdasarkan tekanan internal dan dimensi dalam. *Thickness shell* dengan dimensi dalam dapat dihitung dengan Persamaan 1 dan ketebalan *head* dengan dimensi dalam dapat dihitung dalam Persamaan 2.

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0,6.P} + CA \tag{1}$$

$$t = \frac{P.D}{2.S.E - 0,2.P} + CA \tag{2}$$

2.3. Perhitungan MAWP

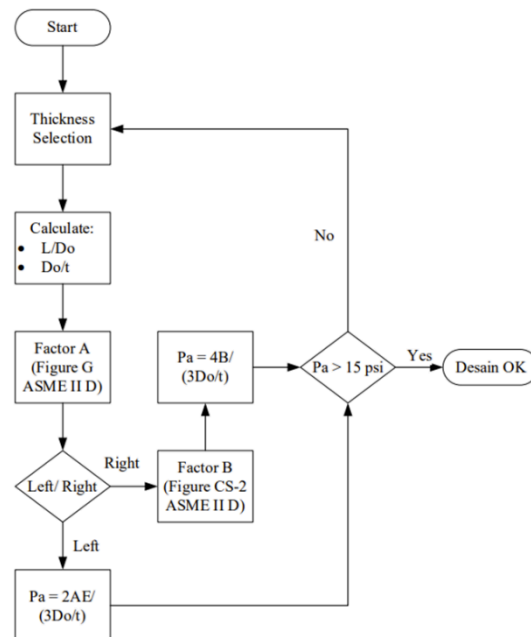
Maximum allowable working pressure (MAWP) adalah tekanan kerja maksimal yang diijinkan oleh suatu *pressure vessel*, MAWP *pressure vessel* merupakan tekanan maksimum internal atau eksternal, yang dikombinasikan dengan beban beban yang mungkin akan terjadi dan termasuk faktor korosi (CA) pada saat kondisi temperatur desain. MAWP *pressure vessel* ditentukan oleh komponen yang paling lemah (Komponen *shell* dan *head*). MAWP *shell* ditunjukkan pada Persamaan 3, MAWP *head* ditunjukkan pada Persamaan 4.

$$P = \frac{S.E.t}{R + 0,6.t} \tag{3}$$

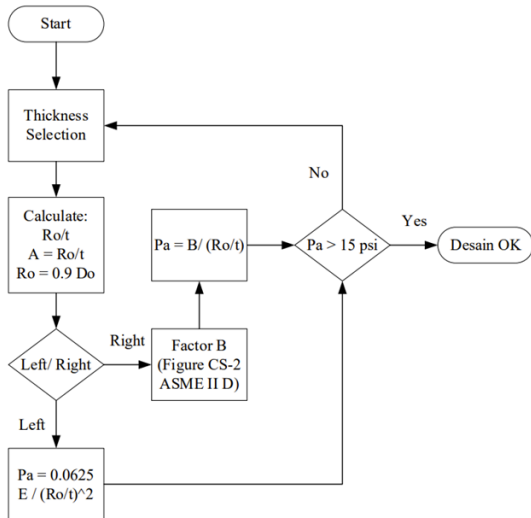
$$P = \frac{2.S.E.t}{D + 0,2.t} \tag{4}$$

2.4. Perhitungan MAEP

Perhitungan *maximum allowable external pressure* (MAEP) 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 vakum tidak mengalami pengerutan pada dindingnya (*Buckling*). Adapun tahapan perhitungan menentukan nilai tekanan eksternal pada *shell* dan *head* dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Shell MAEP



Gambar 3. Diagram Alir Head MAEP

2.5. Finite Element Method

FEM adalah suatu metode yang secara keseluruhan didasari atas pendekatan dengan menggunakan analisis numerik. Dalam metoda ini, struktur yang akan dianalisis, 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 perhitungan secara manual akan sangat melelahkan dan membutuhkan waktu yang banyak untuk struktur yang dibagi dengan elemen yang berjumlah besar. Saat ini terdapat banyak *software computer finite element* yang mempercepat waktu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan Thickness

Hasil perhitungan *thickness* pada shell dan head dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Thickness Shell dan Head

	$t_{calculated}$ [in]	t_{used} [in]
Shell	0,205	0,438
Head	0,192	0,438

3.2. Hasil Perhitungan MAWP dan MAEP

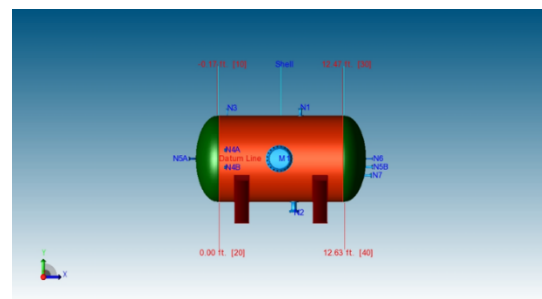
Setelah dilakukan perhitungan *thickness* pada dinding *shell* dan *head* maka didapatkan nilai *maximum allowable working pressure* (MAWP) untuk *shell* dan *head* dengan masing-masing sebesar 144,576 psi dan 170,816 psi.

Setelah itu dihitung nilai *maximum allowable external pressure* (MAEP) untuk mengetahui tekanan dalam *pressure vessel* lebih

besar dari *external pressure* sebesar 15 psi. Sehingga saat *pressure vessel* dalam keadaan vakum tidak akan terjadi pengerutan pada dinding *pressure vessel*. Apabila perhitungan *external pressure* kurang dari 15 psi, maka diperlukan penambahan *thickness*. Dari perhitungan MAEP didapatkan nilai sebesar 18,081 psi pada *shell* dan 40,495 psi pada *head*.

3.3. Validasi Perancangan Berdasarkan Software

Validasi perancangan *Main Condensate Tank* dari hasil perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan *software*. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah desain perancangan berdasarkan perhitungan manual memenuhi *allowable* atau tidak dalam perhitungan berdasarkan *software*, sehingga dapat dijadikan tolak ukur dalam menentukan *allowable* berdasarkan kalkulasi *software*.



Gambar 4. Hasil Pemodelan Software

Tabel 2. Hasil Perhitungan Manual dan Software

Calculation	Value		% Error
	Manual	Software	
t_{shell} Thick. calculated [in]	0,205	0,206	0,013%
t_{shell} Thick. used shell [in]	0,438	0,444	0,46%
t_{head} Thick. calculated [in]	0,192	0,192	0,003%
t_{head} Thick. used head [in]	0,438	0,444	0,46%
r_s MAWP shell [psi]	144,576	146,541	1,341%
r_s MAWP head [psi]	170,816	173,678	1,648%
t_x Thick. calculated shell [in]	-	0,527	-
t_{shell} Thick. used shell [in]	0,438	0,444	0,46%
t_{head} Thick. calculated head [in]	-	0,386	-
t_{head} Thick. used head [in]	0,438	0,444	0,46%
r_s MAEP shell [psi]	18,081	18,588	2,726%
r_s MAEP head [psi]	40,495	41,282	1,907%

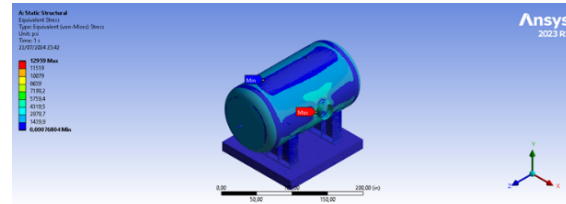
Pada penelitian ini nilai *error* maksimal antara perhitungan manual dan *software* menggunakan acuan pada penelitian sebelumnya, di mana pada penelitian sebelumnya nilai *error* terbesar antara perhitungan manual dan *software* yaitu 4,42%, untuk penelitian ini nilai *error* terbesar yaitu 2,726% terjadi pada perhitungan MAEP shell. Pada perhitungan *software* nilai MAWP shell sebesar 18,588 psi, sedangkan untuk perhitungan manual sebesar 18,081 psi. Dengan hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa penelitian kali ini mendapatkan hasil perbandingan yang lebih akurat dari penelitian sebelumnya.

3.4. Analisis Finite Element Method

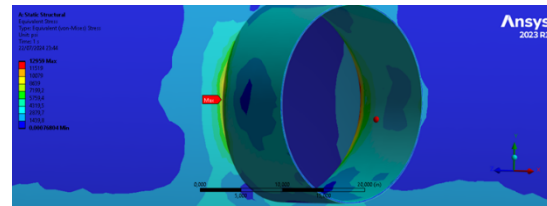
Analisis *finite element method* dengan *software* untuk simulasi dan menghitung nilai tegangan yang terjadi pada *Main Condensate Tank*. Sistem analisis yang digunakan adalah *static structural*. Penentuan data material dilakukan dengan menginput kolom “*Engineering Data*”. Variasi ukuran *mesh* yang dilakukan ada di rentang 1,9 in hingga 2,4 in. Terdapat 4 jenis kondisi batas analisis yang digunakan untuk menganalisis *pressure vessel Main Condensate Tank*. Kondisi batas tersebut adalah parameter simulasi pembebanan pada *pressure vessel*, yaitu antara lain nilai *standard earth gravity*, *internal pressure*, *external pressure*, dan *bolt pretension*. Data hasil analisis yang digunakan adalah *equivalent (Von-Mises) stress* pada *pressure vessel*. Berikut ini adalah hasil *running* dari *software*.

Tabel 3. Hasil *Running Software*

Mesh size [in]	Number of Nodes	Max. Von-Mises [psi]
2,5	Error	-
2,4	506347	10654
2,3	559487	11145
2,2	619546	11351
2,1	699867	11577
2,08	717195	12880
2,06	727297	12311
2,04	744701	12433
2,02	761771	12381
2	786492	12443
1,9	894426	12959
1,8	Error	-



Gambar 5. Hasil *Running Software*



Gambar 6. Hasil *Running Software* (2)

Analisis besar tegangan menggunakan *software* didapatkan nilai *max. von-mises stress* 12959 psi dan dapat dikatakan aman karena masih berada di bawah *allowable stress material*, yaitu 20000 psi.

4. KESIMPULAN

Desain *pressure vessel* memiliki *thickness* pada *shell* dan *head* 0,438 in. Nilai MAWP perhitungan manual pada *shell* 144,576 psi dan *head* sebesar 170,816 psi. Sedangkan untuk perhitungan manual MAEP yang terjadi pada *shell* sebesar 18,081 psi dan *head* sebesar 40,495 psi. Hasil analisis tegangan dari *software* dikategorikan aman, karena nilai tegangan maksimalnya sebesar 12959 psi.

5. SARAN

Pada perancangan *Main Condensate Tank* terdapat beberapa saran dan masukan yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan, diantaranya yaitu analisis biaya yang diperlukan dalam mendesain *vessel*, analisis tegangan pada bagian *nozzle* dan *manhole*, dan bisa menggunakan *software* lain selain pada penelitian perancangan *vessel* ini ataupun analisis lainnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] ASME. (2021). “Rule for Construction of Pressure Vessel Section VIII Division 1”. New York: American Society of Mechanical Engineers.

[2] ASME. (2021). “Rule for Construction of Pressure Vessel Section VIII Division 2”. New York: American Society of Mechanical Engineers.

[3] ASME. (2019). “Boiler and Pressure Vessel Code Section II Material Part D”. New York: American Society of Mechanical Engineers.

- [4] ASME B31.3. (2020). "Process Piping". New York: American Society of Mechanical Engineers.
- [5] Andriani, T. Munir. Ahmad. (2023). "Perancangan Crude Oil Separator Beserta Jalur Pipa Inlet dan Outlet pada Proyek Onshore Processing Facility di Balongan, Jawa Barat". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [6] Aziz, A. Hamid. Hidayat. (2014). "Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa. 31–38". Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [7] Azmi, M. Mustaghfirin. Tamimah. (2022). "Desain Bejana Tekan Vertikal VE-3003 (Filtered Product Tank) untuk Menampung Senyawa Amina". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [8] Chattopadhyay, S. (2005). "Overview of Pressure Vessels". CRC Press, Inc.
- [9] Firmansyah, E. Mustaghfirin. Budiyanto. (2021). "Perancangan Vertical Pressure Vessel VE-2005 Crude Reactant Vessel pada Proyek Pembangunan Amine Plant di Gresik, Jawa Timur". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [10] Habibulloh, I. Munir. Wardani. (2021). "Perancangan LP Production Separator serta Line Process Piping Production pada Project Oil Plant Semberah Sangatta Field". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [11] Mediana, L. Setiawan. Ahmad. (2022). "Desain Vent Knock Out Drum serta Jalur Pipa Inlet dan Outlet pada Proyek Amine Plant di Gresik, Jawa Timur". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [12] Megyesy, E. (2008). "Pressure Vessel Handbook (Fourteenth ed.)". Oklahoma: PV Publishing, Inc.
- [13] Moss, D. (2004). "Pressure Vessel Design Manual (Third ed.)". Amsterdam: Gulf Professional Publishing.
- [14] Naik, N. Shenoy. Nayak. Awasthi. Samant. (2019). "Mesh Convergence Test for Finite Element Method on High Pressure Gas Turbine Disk Rim Using Energy Norm: an Alternate Approach". Manipal: Manipal Institute of Technology.
- [15] Rahmadhani, N. Munir. 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". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [16] Ridha, F. (2015). "Analisa Stiffener Ring dan Konstruksi Vessel HP Flare KO Drum pad Proyek Pupuk Kaltim-5 Menggunakan Software Compress 6258". Jakarta: Universitas Mercu Buana.