

## Perbandingan Nilai *Minimum Thickness*, MAWP, MAEP, Perhitungan Manual dengan *Software* pada Bejana Tekan VE-3003

Muhammad Imaduddin Azmi<sup>1\*</sup>, Muhammad Anis Mustaghfirin<sup>2</sup>, Ni'matut Tamimah<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>2,3</sup>

Email: [imaduddin.azmi@student.ppns.ac.id](mailto:imaduddin.azmi@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [mustaghfirin@ppns.ac.id](mailto:mustaghfirin@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [nimatuttamimah@ppns.ac.id](mailto:nimatuttamimah@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

**Abstract** - The need for chemical raw materials for industries such as the soap and detergent industry is increasing with the development of industry in Indonesia. Therefore a factory was built to produce amine compounds. Inside the plant there is one area, namely the filtration area. In the filtration area there is one piece of equipment that plays an important role in the process of making amine compounds, namely VE-3003 (filtered product tank). VE-3003 is a vertical type pressure vessel that will be designed according to ASME Section VIII division 1. Several factors that affect the filtered product tank such as MAWP, MAEP are calculated manually. Result of minimum thickness calculation for shell and head is 0,650 inches. The result of MAWP of head is 163,629 psi, and shell is 162,741. Then the result of MAEP head is 52,945 psi and MAEP shell is 16,65 psi.

**Keywords:** Amine, ASME, MAWP, MAEP, Vertical Vessel

### Nomenclature

t	Thickness (inch)
P	Pressure (psi)
R	Radius (inch)
D	Inside Diameter (inch)
E	Joint Efficiency
CA	Corrosion Allowance
Do	Outside Diameter (inch)
Ro	Outside Radius (inch)

### 1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya industri di Indonesia, kebutuhan bahan baku kimia untuk industri semakin meningkat. Kebutuhan yang sangat besar memunculkan masalah baru yaitu kurangnya pengadaan bahan baku kimia untuk industri. Salah satu sektor industri yang berkembang adalah industri pelembut, deterjen, shampoo, sabun dan sejenisnya. Bahan baku yang kurang untuk industri tersebut adalah senyawa amina. Pada bidang industri yang luas seperti industri tambang, industri petroleum, industri tekstil dan lainnya, akan membutuhkan senyawa amina dalam jumlah yang besar<sup>[4]</sup>.

Oleh karena itu dibangunlah sebuah plant yang bertujuan untuk memproduksi senyawa amina. Dalam plant tersebut ada beberapa area, yaitu area DMA purification, reactor, filtration, amine distillation, DMA recovery dan area utility.

Area filtration adalah area yang bertujuan untuk menyaring senyawa amina yang berasal dari area reactor menuju area amine distillation. Dalam area filtration ada beberapa equipment antara lain adalah filtered product tank (VE-3003), centrifugal pump (PU-3003), dan condenser (XE-3001). VE-3003

adalah equipment yang penting di dalam area filtration dikarenakan lewat vessel inilah akan terjadi proses filtrasi dan penampungan yang mana akan disalurkan kepada preheater (XH-4001) pada area amine distillation. Maka dari itu pokok bahasan dari penelitian ini adalah VE-3003.

VE-3003 adalah bejana tekan yang termasuk ke dalam tipe vertikal. Standard yang digunakan untuk merancang bejana tekan VE-3003 adalah ASME Section VIII division 1, Pressure Vessel Handbook Eugene F. Megyesy dikarenakan hydrotest pressure sebesar 1,3 dikali MAWP sehingga rancangan bejana tekan tersebut dapat menahan beban eksternal maupun internal. Perancangan filtered product tank dengan design pressure 7 barg, design temperature 250°C, dan kapasitas volume sebesar 72,4 m<sup>3</sup> harus diperhitungkan dengan benar agar tidak terjadi kegagalan pada filtered product tank. Beberapa faktor yang mempengaruhi filtered product tank seperti MAWP (Maximum Allowable Working Pressure) dan internal pressure dihitung dengan perhitungan manual. Untuk eksternal pressure yang disebabkan oleh faktor dari luar filtered product tank yaitu MAEP (Maximum Allowable Eksternal Pressure) juga dihitung secara manual.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Metode Penelitian

Untuk diagram alir metodologi pada penelitian kali ini yaitu Perbandingan nilai minimum thickness, MAWP, MAEP, perhitungan manual dengan software pada bejana tekan VE-3003, hal yang harus dilakukan adalah kita menghitung terlebih dahulu thickness pada head maupun shell bejana tekan, lalu

kemudian kita menghitung MAWP dan MAEP pada *shell* maupun *head* bejana tekan sampai memenuhi *acceptance criteria* dari MAWP dan MAEP, lalu selanjutnya kita dapat menginput data data yang dibutuhkan kedalam *software* pemodelan bejana tekan, untuk kita bandingkan dengan perhitungan manual.

### 2.2 Perhitungan Ketebalan

Perhitungan ketebalan *shell* dan *head* dilakukan berdasarkan tekanan internal dan dimensi dalam. Dan dihitung dalam kondisi terkorosi (*new condition*).

Ketebalan *shell* dengan dimensi dalam dapat dihitung dengan persamaan 1 [1] dan ketebalan head dengan dimensi dalam dapat dihitung dalam persamaan 2 [1].

Rumus Tebal *Shell* dengan dimensi luar:

$$t = \frac{P.R}{SE-0.6.P} + CA \quad (1)$$

Rumus Tebal *head* dengan dimensi luar:

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2.P} + CA \quad (2)$$

### 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 beban beban yang mungkin akan terjadi dan termasuk faktor korosi (CA) pada saat kondisi temperatur desain. MAWP bejana tekan ditentukan oleh komponen yang paling lemah (Komponen *shell* dan *head*). MAWP *shell* ditunjukkan pada persamaan 3 [1], MAWP *head* ditunjukkan pada persamaan 4 [1].

Rumus MAWP pada *Shell*:

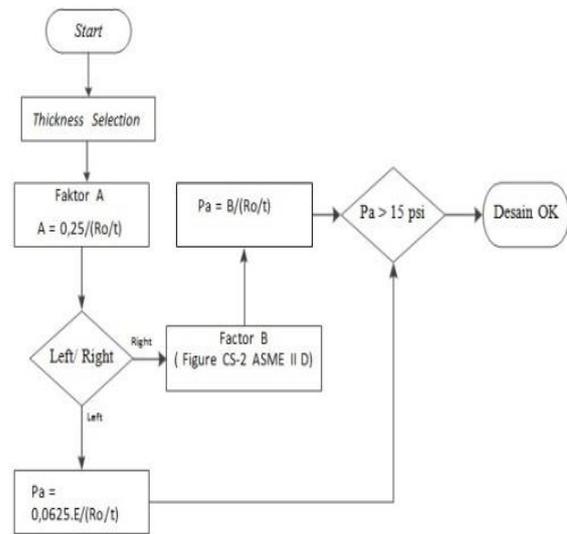
$$P = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad (3)$$

Rumus MAWP pada *Shell*:

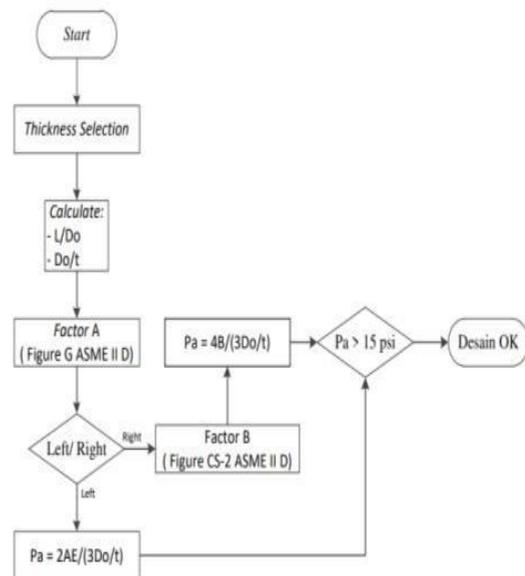
$$P = \frac{2SEt}{D+0.2t} \quad (4)$$

### 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 [3]. Perhitungan ini digunakan agar pada saat pressure vessel dalam keadaan vacum tidak mengalami pengerutan pada dindingnya (Buckling). Adapun tahapan perhitungan menentukan nilai tekanan eksternal pada *shell* dan *head* dapat dilihat pada Gambar 1[1] dan Gambar2[1] sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Perhitungan MAEP pada Shell



Gambar 2. Diagram Alur Perhitungan MAEP pada head

### 2.5 Software Pemodelan Bejana Tekan

*Software* pemodelan bejana tekan merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk perancangan dan menganalisa bejana tekan (*Pressure Vessel*) dan alat penukar panas (*Heat Exchanger*) [4]. *Software* pemodelan bejana tekan tersedia dalam versi yang mudah digunakan dibandingkan dengan *software* lainnya dan hasil analisa yang terdokumentasi dengan baik sehingga dapat mempercepat dalam mendesain suatu bejana tekan atau alat penukar panas. *Software* ini telah menggunakan standar atau kode terbaru seperti ASME *Boiler and Pressure Vessel* dalam perancangannya sehingga diakui dan diterima dalam dunia industri. Beberapa fitur *software* adalah dapat digunakan untuk merancang bejana tekan *vertical* dan *horizontal* dengan *head* berbentuk *ellipsoidal*, *torispherical*, *hemispherical*, *conical*, dan *flat* [4]. Perhitungan ketebalan dinding untuk tekanan internal

dan eksternal sesuai dengan aturan *ASME Section VIII Division 1 and 2*. Dan dapat mengoreksi ketebalan dinding untuk memenuhi persyaratan tekanan. Sedangkan alur kerja untuk *software* ada beberapa langkah yaitu *Input, Analisis, Output*.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Perhitungan ketebalan**

Dari hasil perhitungan ketebalan pada shell dan head dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1: Tabel hasil perhitungan ketebalan

	t calculated (inch)	t used (inch)
Shell	0,445	0,625
Head	0,443	0,625

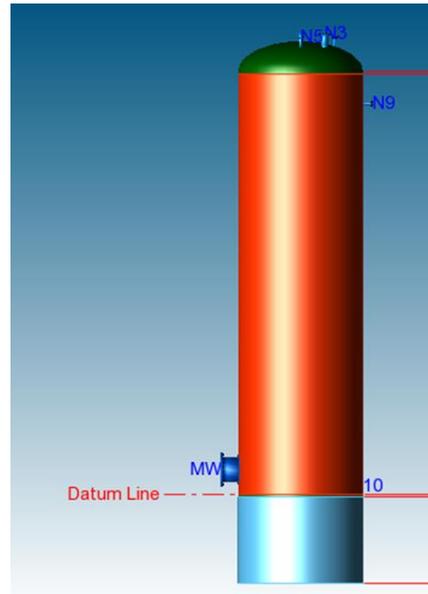
**3.2 Hasil Perhitungan MAWP dan MAEP VE-3003**

Setelah dilakukan perhitungan pada dinding *shell* dan *head* maka didapatkan nilai *maximum allowable working pressure* untuk *shell* dan *head* dengan masing-masing sebesar 162,741 psi dan 163,629 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 *thickness*. Dari perhitungan MAEP pertama didapatkan nilai sebesar 13,09 psi pada *shell* dan 52,945 psi pada *head*. Dikarenakan pada *shell* tidak melebihi batas minimal *pressure* sebesar 15 psi maka perhitungan MAEP pada *shell* harus diperlukan penambahan *thickness* dan didapatkan MAEP *shell* sebesar 16,65 psi.

**3.3 Validasi dengan software**

Desain pemodelan *pressure vessel* atau bejana tekan dapat dilakukan dengan bantuan *software*, setelah melakukan perhitungan manual lalu mendesain atau memodelkan bejana tekan (*Pressure Vessel*) dengan bantuan *software*. Hasil *software* yaitu hasil pemodelan *filtered product tank* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2 berikut ini.



Gambar 3. Pemodelan dengan software

Tabel 2: Hasil Perhitungan Manual dan Software

Parameter	Hasil Perhitungan		
	Manual	PV Elite	
internal pressure	t calculated shell [in]	0,445	0,4448
	t used shell [in]	0,625	0,625
	t calculated head [in]	0,443	0,443
	t used head [in]	0,625	0,625
	MAWP shell [psi]	162,741	169,205
	MAWP head [psi]	163,629	163,629
external pressure	t calculated shell [in]	-	0,304
	t used shell [in]	0,650	0,650
	t calculated head [in]	-	0,304
	t used head [in]	0,625	0,625
	MAEP shell [psi]	16,65	15,6181
	MAEP head [psi]	52,945	52,788

**3.4 Perbandingan Perhitungan Manual dan Software**

Berikut perbandingan perhitungan pada Tabel 2 antara perhitungan manual dan perhitungan *software*, untuk nilai perbandingan manual dan *software* sebagai berikut :

- a. *Thickness calculated shell* dan *head*

Perbandingan perhitungan ketebalan pada *shell* dan *head*, untuk perhitungan manual *thickness calculated shell* 0,445 inch dan pada perhitungan *software thickness calculated shell* sebesar 0,4448 inch, antara manual dan *software* memiliki nilai *error* sebesar 0,04%. Sedangkan untuk *thickness calculated head* perhitungan manual sebesar 0,443 inch dan perhitungan *software* 0,443 inch, untuk nilai *error* dari *thickness calculated head* sebesar 0%.

- b. MAWP *shell* dan *head*

Perbedaan perhitungan MAWP *shell* dan *head*, untuk perhitungan manual MAWP *shell* 162,741 psi dan pada perhitungan *software* MAWP *shell* sebesar 169,205 psi, antara manual dan *software* memiliki nilai *error* sebesar 3,97%. Sedangkan untuk MAWP *head* perhitungan manual sebesar 163,629 psi dan

perhitungan *software* 163,629 psi, untuk nilai *error* dari MAWP *head* sebesar 0%.

c. MAEP *shell* dan *head*

Sedangkan untuk perbandingan perhitungan MAEP *shell* dan *head*, untuk perhitungan manual MAEP *shell* 16,65 psi dan pada perhitungan *software* MAEP *shell* sebesar 15,6181 psi, antara manual dan *software* memiliki nilai *error* sebesar 5,8%. Sedangkan untuk MAEP *head* perhitungan manual sebesar 52,945 psi dan perhitungan *software* 52,788 psi, untuk nilai *error* dari MAWP *head* sebesar 0,30%.

Pada penelitian ini nilai maksimal *error* antara perhitungan manual dan *software* menggunakan acuan pada penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian sebelumnya nilai *error* terbesar antara perhitungan manual dan *software* yaitu 7%, untuk penelitian ini nilai *error* terbesar yaitu 5,8% terjadi pada perhitungan MAEP *shell*. Pada perhitungan *software* nilai MAWP *Shell* sebesar 15,6181 psi, sedangkan untuk perhitungan manual sebesar 16,65 psi.

#### 4. KESIMPULAN

Desain *pressure vessel* memiliki *thickness* pada *shell* dan *head* 0,650 inch, serta MAWP perhitungan manual pada *shell* 162,741 psi dan *head* sebesar 163,629 psi dinyatakan aman karena lebih besar dari *design pressure*. Sedangkan untuk perhitungan manual MAEP yang terjadi pada *shell* sebesar 16,65 psi dan *head* sebesar 52,945 psi dinyatakan aman untuk MAEP karena lebih besar dari 15 psi.

#### 5. SARAN

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

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan *software* yang berbeda.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] ASME. (2019). Rules for Construction of Pressure Vessel ASME Section VIII Divisi 1. New York: American Society of Mechanical Engineering.
- [2.] Nabula, Munir, Ni'matut. (2021). 'Desain Vertical Pressure Vessel Dan Line Process Piping System Untuk Penyimpanan Senyawa Amina Pada Proyek New Amine'. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [3.] Megyesy, E. F. (2001). Pressure Vessel Handbook 12th edition. Oklahoma: Pressure Vessel Publishing Inc.
- [4.] Firmansyah, Anis, Budiyanto. (2021) 'Perancangan Vertical Pressure Vessel Ve- 2005 Crude Reactant Vessel Pada Proyek Pembangunan Amine Plant Di Gresik, Jawa Timur'. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.