



# **Analisis Beban Struktur Pada Perancangan *Pressure Vessel Separator* Untuk Menampung *Hydrocarbon Gas/Liquid* Dengan Tekanan Desain 80,1 [psi] di PT.X**

Azhar Nur Fakhri<sup>1\*</sup>, Sugeng Mulyono<sup>1</sup>, Isnanda Nuriskasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

\*Corresponding author *E-mail address*: azhar.nurfakhri.tm20@mhs.pnj.ac.id

---

## **Abstrak**

*Pressure Vessel Separator (bejana tekan) ini adalah wadah untuk menahan tekanan, baik internal maupun eksternal dengan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Bertujuan untuk menampung Hydrocarbon Gas/Liquid. Bejana tekan yang digunakan pada perancangan ini berbentuk horisontal separator. Spesifikasi teknis Pressure Vessel Separator ini menggunakan material SA 516 Grade 70, tekanan desain sebesar 80,1 [psi], tebal komponen shell dan head 9 [mm], tegangan maksimum yang diijinkan sebesar 20014,7 [psi], corrosion allowance sebesar 3 [mm], dengan asumsi pertumbuhan korosi sebesar 3 [mm] per 20 tahun. Efisiensi sambungan sebesar 1 dan  $SF \geq 1,5$ . Hasil perhitungan tegangan keliling (hoop stress) menggunakan perhitungan manual standar ASME section VIII sebesar 11671,7143 [psi] dan tegangan membujur (longitudinal stress) sebesar 5835,857142 [psi] dan Hasil simulasi analisis tegangan komponen shell dan head (full body) dengan metode elemen hingga menggunakan software Ansys Workbench R1 diperoleh dan tegangan ekuivalen maksimum diperoleh 22530 [psi]. faktor keamanan (SF) komponen shell dan head (full body) sebesar 1,6738, sehingga hasil perhitungan manual dan simulasi analisis dinyatakan aman karena tidak melebihi nilai tegangan ijin 20014,7 [psi] dan kekuatan luluh (yield strength) 37709,81 [psi] serta faktor keamanan dinyatakan aman karena  $SF \geq 1,5$ .*

*Kata-kata kunci: Pressure Vessel Separator, Horizontal Separator, ASME Section VIII, Elemen hingga*

## **Abstract**

*Pressure Vessel Separator (pressure vessel) is a pressure vessel to withstand pressure, both internal and external at pressure higher than atmospheric pressure. for Hydrocarbon Gas/Liquid. The pressure vessel used in this design is a horizontal separator. The Pressure Vessel Separator technical specifications use SA 516 Grade 70 material, the design pressure is 80.1 [psi], thickness equipment shell and head of 9 [mm], has a maximum allowable stress of 20014.7 [psi], the corrosion allowance used is 3 [mm], assuming corrosion growth by 3 [mm] per 20 years. The joint efficiency is 1. The results of the calculation of the hoop stress using the standard ASME section VIII manual calculation are 11671.7143 [psi] and the longitudinal stress is 5835.857142 [psi] and the simulation results of stress analysis the shell and head (full body) components using the element method as well as using Ansys Workbench R1 software obtained a maximum equivalent stress of 22530 [psi]. The safety factor (SF) for the shell and head (full body) components is 1.6738, so the results of manual calculations and analysis simulations are declared safe because they do not exceed the allowable stress value of 20014.7 [psi] and yield strength of 37709.81 [psi] and the safety factor was declared safe because  $SF \geq 1.5$ .*

*Keywords: Pressure Vessel Separator, Horizontal Separator, ASME Section VIII, Element Method*

## 1. PENDAHULUAN

Industri Minyak dan Gas (Migas) bukan sebuah industri baru tetapi industri yang telah berkembang sejak 1900-an dan juga salah satu industri yang padat modal (*high cost*), padat teknologi (*high technology*), padat resiko (*high risk*) yang merupakan salah satu sumber energi terpenting di Indonesia dan di dunia dan juga di industri migas dibagi menjadi 2 kegiatan, yaitu kegiatan hulu dan kegiatan hilir yang keduanya itu mencakup untuk keberlangsungannya industri migas [1].

PT. X merupakan perusahaan bergerak pada perusahaan *EPC (Engineering Procurement Construction)* dan juga sebagai perusahaan konsultan engineering. salah satu proyek PT. X adalah perancangan suatu proses fabrikasi minyak dan gas yang didalamnya terdiri atas peralatan-peralatan seperti : Tanki, *Pressure Vessel Separator*, Pompa, kompresor, yang menyangkut pada proyek minyak dan gas [2].

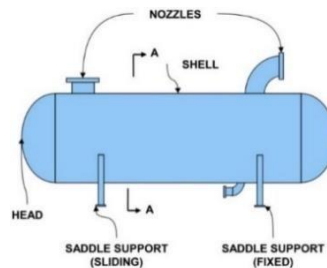
*Pressure Vessel Separator* (bejana tekan) ini adalah wadah untuk menahan tekanan, baik internal maupun eksternal. Tekanan ini dapat diperoleh dari sebuah sumber eksternal, atau dengan penerapan panas dari langsung atau sumber tidak langsung, atau kombinasinya baik berupa cair maupun gas dengan tekanan yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Bejana tekan pun memiliki bentuk yang beragam, yang umum antara lain bejana tekan horizontal, vertikal dan sferikal. Lain bentuk lain pula beban-beban yang harus dipertimbangkan. misal bejana tekan vertikal terkena beban akibat angin sehingga mengakibatkan momen [4].

Pada perancangan *Pressure Vessel Separator* (Bejana Tekan) penulis harus merancang dan menganalisis dengan baik, karena *Pressure Vessel Separator* (bejana tekan) memiliki resiko besar terjadinya kebocoran dan ledakan seperti melakukan perancangan *Pressure Vessel Separator* untuk menampung fluida *Hydrocarbon Gas/Liquid* yang memiliki tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer [4].

Berdasarkan berbagai penjelasan diatas , maka pada penelitian ini dilakukan Perancangan dan analisis *Pressure Vessel Separator* untuk menampung fluida *Hydrocarbon Gas/Liquid* dengan melakukan perhitungan desain perancangan yang bertujuan untuk menghitung kekuatan dan tegangan pada material serta analisis perancangan. Perhitungan menggunakan perhitungan manual yang mengacu pada standar dan kode *ASME section VIII Div.1* yang merupakan standar untuk perhitungan *Pressure Vessel Separator* (bejana tekan) [3].

Terdapat empat komponen utama yaitu *shell*, *head*, *nozzle*, dan *saddle support* bersama-sama membentuk wadah untuk menampung fluida bertekanan [4]. Seperti tampak pada Gambar 1.

## 2. METODOLOGI



Gambar 1. *Pressure Vessel Separator* [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis beban struktur tegangan ekuivalen maksimum (*Equivalent Stress Maximum Von-misses*) pada hasil desain perancangan *Pressure Vessel Separator* di komponen *shell* dan *head* tanpa *nozzle* dengan titik tumpu pada komponen *saddle support*. Analisis beban struktur tegangan ekuivalen maksimum (*Von-misses*) bertujuan untuk mengetahui letak dan besaran tegangan maksimum yang terjadi di komponen *shell* dan *head* menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) *ANSYS Workbench R1* yang bekerja menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*).

Adapun Langkah – Langkah yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data Analisis  
Pengumpulan data analisis berupa *mechanical data sheet* dan pemilihan material
2. Sketsa Konsep Desain  
Pada tahap ini membuat sketsa konsep desain *Pressure Vessel Separator* sesuai *mechanical data sheet* dan *procces data sheet* untuk menampung *Hydrocarbon Gas/Liquid*.
3. Proses Perancangan dalam Batas Keamanan

- Tahap selanjutnya dilakukan proses perancangan dalam batas keamanan berupa perhitungan tebal dan perhitungan tegangan secara manual pada komponen *shell* dan *head* tanpa *nozzle*.
4. Analisis Hasil Proses Perancangan  
Dalam tahap ini data-data yang sudah dikumpulkan akan digunakan sebagai *input* data pada analisis hasil proses perancangan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*) berdasarkan proses perancangan dalam batas keamanan.
  5. Hasil Analisis  
Menampilkan hasil analisis setelah dilakukannya penganalisisan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*) dengan menampilkan hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen maksimum (*Von-misses*) pada komponen *full body* tanpa *nozzle* yang terkena beban struktur pada model geometri.
  6. Pengolahan Hasil Analisis  
Pada tahap ini dilakukan perhitungan faktor keamanan dan persentase kegagalan berdasarkan hasil perhitungan manual dan perhitungan simulasi analisis menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*) pada *Pressure Vessel Separator*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Mechanical Data Sheet (MDS)

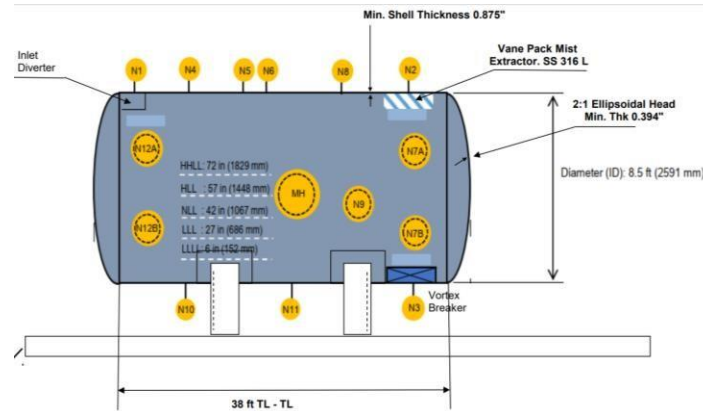
Pada proses perancangan *Pressure Vessel Separator* ini dibutuhkan adanya *Mechanical data sheet* (MDS) merupakan dokumen yang memberikan spesifikasi teknis. Seperti tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Mechanical Data Sheet (MDS) [6].

| SPESIFIKASI TEKNIS PRESSURE VESSEL SEPARATOR |                                |
|--|--------------------------------|
| DESIGN CODE : ASME VIII Div.1                |                                |
| <i>Design Pressure</i>                       | 80,1 [psi]                     |
| <i>Service</i>                               | Hydrocarbon Gas/Liquid         |
| <i>Internal Diameter (ID)</i>                | 102,00 [in]                    |
| <i>Operating Temperature</i>                 | 169,7 [F°]                     |
| <i>Corroton Allowance</i>                    | 0,13 [in]                      |
| <i>Design Temperature</i>                    | 225 [F°]                       |
| <i>Capacity</i>                              | 38 422,90[m <sup>3</sup> /day] |
| <i>Maximum Allowable Stress</i>              | 20014,7[psi]                   |
| <i>Length (Panjang)</i>                      | 11582,40 [mm]                  |
| <i>Radius (R)</i>                            | 51,00 [in]                     |
| <i>Head Type (Tipe Head)</i>                 | 2:1 Ellipsoidal                |

#### 3.2 Sketsa Konsep Desain

Konsep sketsa desain *Pressure Vessel Separator* ini merupakan gambaran awal dari perancangan *Pressure Vessel Separator* yang berfungsi sebagai acuan dalam membuat langkah perancangan selanjutnya yaitu *General Arrangement Drawing* (GAD). Adapun sketsa desain *Pressure Vessel Separator* yaitu : Seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa Konsep Desain [5].

### 3.3 Pemilihan Material

Material yang digunakan adalah material SA 516 Grade 70 sesuai standar ASME II part D material [9]. Adapun sifat mekanika material sebagai berikut : Seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Mekanik Material

|                  |                |
|------------------|----------------|
| Nama Material    | SA 516 Gr.70   |
| Jenis Material   | Plat Baja      |
| Yield Strength   | 37709,81 [psi] |
| Tensile Strength | 70343,30 [psi] |

### 3.4 Proses Perancangan Dalam Batas Keamanan

Pada proses perancangan dalam batas keamanan memuat perhitungan tebal dan perhitungan manual tegangan pada komponen *shell* dan *head* berdasarkan ASME section VIII Div.1 [3].

#### 1. Perhitungan tebal *Shell* :

$$t_{\text{design}} = \frac{P \times R}{S \times E - 0.6 P} \quad (1)$$

Persamaan Tebal *Shell* [3].

Keterangan :

- P = Design Pressure
- R = Radius
- S = Stress value of material [psig]
- E = Joint Efficiency

Maka, Perhitungan *Thickness* (tebal) *Shell*

$$\begin{aligned} t_{\text{design}} &= \frac{80,1 \text{ [psi]} \times 51,00 \text{ [in]}}{20014,7 \text{ [psi]} \times 1 - 0.6 (80,1) \text{ [psi]}} \\ t_{\text{design}} &= 0,21 \text{ [in]} \text{ (minimum)} \\ t_{\text{design}} + CA &= 0,21 \text{ [in]} + 0,13 \text{ [in]} \\ &= 0,34 \text{ [in]} \text{ (minimum)} \end{aligned}$$

Tebal yang digunakan sebesar 0,35 [in] dikarenakan yang tersedia dipasaran.

#### 2. Perhitungan tebal *Head* :

$$t_{\text{design}} = \frac{P \times D}{2 \times S \times E - 0.2 P} \quad (2)$$

Persamaan Tebal *Head* [3].

Keterangan :

- P = Design Pressure
- D = Diameter
- S = Stress value of material [psig]
- E = Joint Efficiency

Maka, Perhitungan *Thichness* (tebal) *Head*

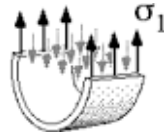
$$\begin{aligned}
 t_{\text{design}} &= \frac{P \times D}{2 \times S \times E - 0,2 P} \\
 t_{\text{design}} &= \frac{80,1 \text{ [psi]} \times 102 \text{ [in]}}{2 \times 20014,7 \text{ [psi]} \times 1 - 0,2 (80,1) \text{ [psi]}} \\
 t_{\text{design}} &= 0,21 \text{ [in]} \text{ (minimum)} \\
 t_{\text{design}} + CA &= 0,21 \text{ [in]} + 0,13 \text{ [in]} = 0,34 \text{ [in]} \text{ (minimum)}
 \end{aligned}$$

Tebal yang digunakan sebesar 0,35 [in] dikarenakan yang tersedia dipasaran.

3. Perhitungan Manual Tegangan pada Komponen *Shell* dan *Head* tanpa *Nozzle*

#### A. Komponen *Shell*

- **Tegangan Keliling (*Hoop Stress*)** Seperti tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. *Hoop Stress* [10].

$$\sigma = \frac{p \times r}{t} \quad (3)$$

Persamaan *Hoop Stress* [10].

Keterangan :

P = *Pressure* (Tekanan)

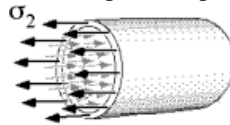
r = *Radius*

t = *Tebal Pressure Vessel Separator*

Maka, Perhitungannya ialah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_1 &= \frac{p \times r}{t} \\
 \sigma_1 &= \frac{80,1 \text{ [psi]} \times 51,00 \text{ [in]}}{0,35 \text{ [in]}} \\
 \sigma_1 &= 11671,7143 \text{ [psi]}
 \end{aligned}$$

- **Tegangan Membujur (*Longitudinal Stress*)** Seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. *Longitudinal Stress* [10].

$$\sigma = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t} \quad (4)$$

Persamaan *Longitudinal Stress* [10].

Keterangan :

P = *Pressure* (Tekanan)

r = *Radius*

t = *Tebal Pressure Vessel Separator*

Maka, Perhitungannya ialah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_2 &= \frac{p \cdot r}{2 \cdot t} \\
 \sigma_2 &= \frac{80,1 \text{ [psi]} \times 51,00 \text{ [in]}}{2 \times 0,35 \text{ [in]}} \\
 \sigma_2 &= 5835,857142 \text{ [psi]}
 \end{aligned}$$

- **Tegangan Kriteria (Von-Misses)**

$$\sigma_{von\ mises} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Persamaan Tegangan Kriteria (Von Misses) [8].

Maka, Perhitungannya ialah :

$$\sigma_{von\ mises} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{von\ mises} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(11671,7143 \text{ [psi]} - 5835,857142 \text{ [psi]})^2 + (5835,857142 \text{ [psi]} - 80,1 \text{ [psi]})^2 + (80,1 \text{ [psi]} - 11671,7143 \text{ [psi]})^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{von\ mises} = 10038,71235 \text{ [psi]}$$

Keterangan :

$$\sigma_1 = \sigma_{hoop\ stress}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{longitudinal\ stress}$$

$$\sigma_3 = \text{Design Pressure}$$

### B. Komponen Head

- **Tegangan Longitudinal Stress = Tegangan Hoop Stress**

$$\sigma_2 = \sigma_1 = \frac{p \cdot r}{2t} \quad (6)$$

Maka, Perhitungannya ialah :

$$\sigma_2 = \sigma_1 = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 = \frac{80,1 \text{ [psi]} \times 51,00 \text{ [in]}}{2 \times 0,35 \text{ [in]}}$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 = 5835,857142 \text{ [psi]}$$

- **Tegangan Kriteria (Von-Misses)**

$$\sigma_{von\ mises} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Persamaan Tegangan Kriteria (Von Misses) [8].

Maka, Perhitungannya ialah :

$$\sigma_{von\ mises} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{von\ mises} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(5835,857142 \text{ [psi]} - 5835,857142 \text{ [psi]})^2 + (5835,857142 \text{ [psi]} - 80,1 \text{ [psi]})^2 + (80,1 \text{ [psi]} - 5835,857142 \text{ [psi]})^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{von\ mises} = 5755,75142 \text{ [psi]}$$

#### 4. Komponen Full Body tanpa Nozzle

Perhitungan manual tegangan *full body* tanpa *Nozzle* didapat dari tegangan ekivalen maksimum (equivalent stress maximum von-mises) shell ditambah tegangan ekivalen maksimum (*equivalent stress maximum von-mises*) head yaitu :

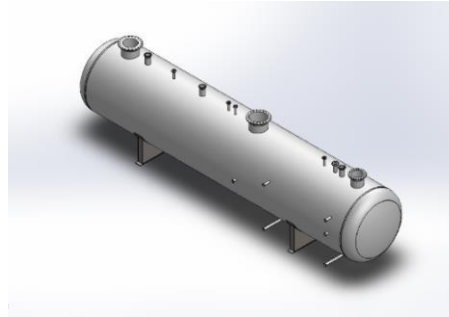
$$\sigma_{von\ mises\ shell} = 10038,71235 \text{ [psi]} + \sigma_{von\ mises\ head} = 5755,75142 \text{ [psi]}$$

$$\sigma_{von\ mises\ shell\ dan\ head} = 15794,46377 \text{ [psi]}$$

### 3.5 Analisis Hasil Proses Perancangan

Pada analisis hasil proses perancangan ini menggunakan simulasi pembebanan struktur yang dilakukan pada komponen shell dan head (*full body*) tanpa komponen *nozzle* saja dikarenakan hanya ingin mengetahui tegangan yang terjadi pada *shell* dan *head (full body)* saja tanpa komponen *nozzle* dengan bantuan perangkat lunak (*software*) ANSYS Workbench R1 Sebelum menganalisis Pressure Vessel Separator ini dilakukan beberapa Langkah :

- **Membuat 3D Permodelan**

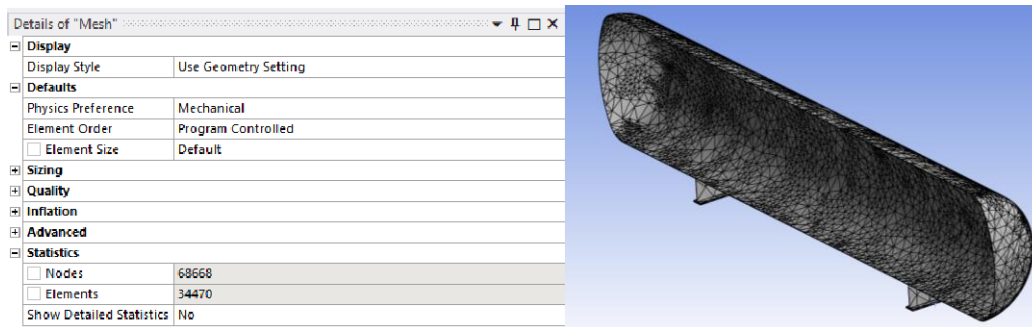


Gambar 5. 3D Permodelan

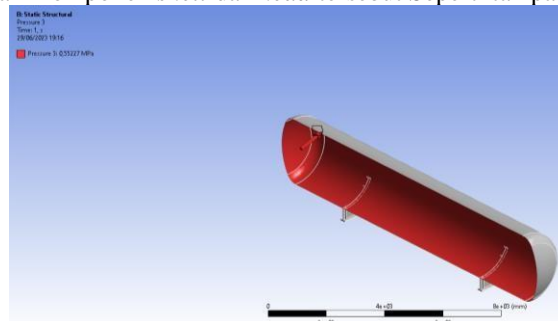
- **Perhitungan Simulasi Pembebanan Struktur dengan Metode Elemen Hingga**

Metode elemen hingga adalah suatu metode numerik dengan cara melakukan simulasi dengan setengah bagian (*frictionless support*) lalu, *boundary condition* yang diterapkan adalah *frictionless support* pada bidang potongan arah sumbu x [11].

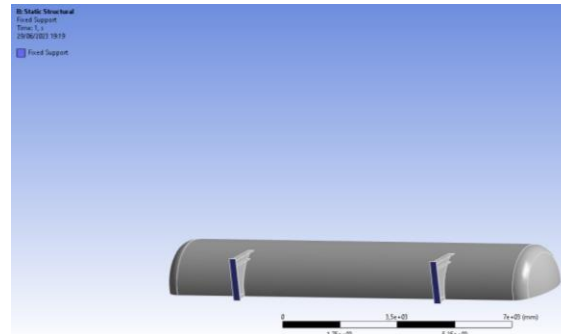
Langkah pertama, melakukan proses *meshing* pada komponen *Shell* dan *Head*, menggunakan *element size*-nya *default*, *solid 1886* dengan data yang diperoleh data *statistic* yaitu *68668 nodes* (lokasi koordinat dalam ruang) dan *34470 elements*. Seperti tampak pada Gambar 6.

Gambar 6. Data *statistic* dan *Meshing* Model

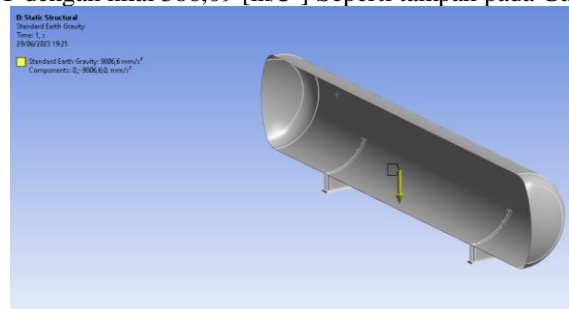
Langkah kedua, melakukan pemberian beban tekanan (*Design Pressure*) sebesar 80,1 [psi] sesuai *mechanical data sheet* yang ada pada sisi dalam komponen *shell* dan *head* tersebut Seperti tampak pada Gambar 7.

Gambar 7. Pemberian beban tekanan (*Design Pressure*)

Langkah ketiga, melakukan penentuan titik tumpu (*fixed support*) pada plat sisi bawah komponen *saddle support* tersebut Seperti tampak pada Gambar 8.

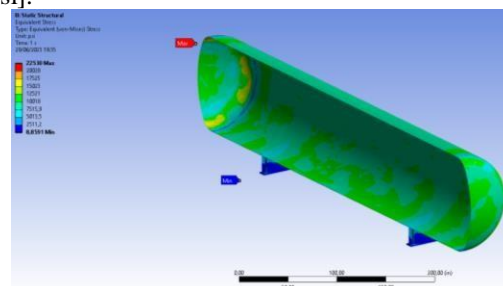
Gambar 8. Penentuan titik tumpu (*fixed support*)

Langkah keempat, melakukan penentuan Gravitasi Bumi (*Standard Earth Gravity*) pada sisi dalam komponen *shell* tersebut pada arah sumbu -Y dengan nilai 386,09 [ $\text{in/s}^2$ ] Seperti tampak pada Gambar 9.

Gambar 9. Gravitasi bumi (*Standard Earth Gravity*)

### 3.6 Hasil Analisis

Hasil analisis pada simulasi pembebanan struktur dilakukan pada komponen *Shell* dan *Head (full body)* tanpa *nozzle* menghasilkan perhitungan tegangan ekuivalen maksimum (*equivalent stress Von-mises*) Seperti tampak pada Gambar 10. Tegangan yang terjadi merupakan akibat dari terjadinya beban tekanan yang diberikan pada komponen *shell* dan *head* sebesar 80,1 [psi].

Gambar 10. Tegangan ekuivalen maksimum (*equivalent stress Von-Misses*)

Pada Gambar 10, terlihat dengan jelas bahwa hasil tegangan ekuivalen maksimum (*equivalent stress Von-mises*) yang dihasilkan yaitu pada *nodes 68668 elements 34470* bernilai 22530 [psi].

### 3.7 Pengolahan Hasil Analisis

Pada tahap pengolahan hasil analisis dilakukan perhitungan faktor keamanan dan persentase kegagalan berdasarkan hasil perhitungan tegangan ekuivalen maksimum (*Von-misses*) secara manual dan perhitungan tegangan ekuivalen maksimum (*Von-misses*) secara simulasi analisis untuk mengetahui apakah analisis ini *valid* atau tidak.

1. Perhitungan Faktor Keamanan (*Safety Factor*)



Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan material untuk menerima beban dari luar berupa beban tekan maupun beban tarik. Berdasarkan *ASME section VIII Div.1* [6]. untuk faktor keamanan (*safety factor*) nya  $\geq 1,5$  :

$$SF = \frac{S_{yield\ strength}}{\sigma_{equivalent\ stress\ Von-mises}} \geq 1,5 \quad (7)$$

Persamaan faktor keamanan (*safety factor*) [7].

- Perhitungan Faktor Keamanan (*Safety Factor*) dari hasil perhitungan manual tegangan ekivalen maksimum (*Von-misses*) pada Komponen *shell* dan *head (full body)* tanpa *Nozzle*

Untuk komponen *full body* tanpa *Nozzle* pada nodes 68668 :

$$SF = \frac{S_{yield\ strength}}{\sigma_{equivalent\ stress\ Von-mises}} \geq 1,5$$

Maka,

$$SF = \frac{37709,81 \text{ [psi]}}{15794,46377 \text{ [psi]}} \geq 1,5$$

$SF = 2,3875 \geq 1,5 \rightarrow$  dinyatakan Aman dikarenakan nilai yang dihasilkan lebih dari nilai  $SF \geq 1,5$ .

- Perhitungan Faktor Keamanan (*Safety Factor*) dari hasil perhitungan tegangan ekivalen maksimum (*Von-misses*) secara simulasi analisis pada Komponen *shell* dan *head (full body)* tanpa *Nozzle*

Untuk komponen *full body* tanpa *Nozzle* pada nodes 68668 :

$$SF = \frac{S_{yield\ strength}}{\sigma_{equivalent\ stress\ Von-mises}} \geq 1,5$$

Maka,

$$SF = \frac{37709,81 \text{ [psi]}}{22530 \text{ [psi]}} \geq 1,5$$

$SF = 1,6737 \geq 1,5 \rightarrow$  dinyatakan Aman dikarenakan nilai yang dihasilkan lebih dari nilai  $SF \geq 1,5$ .

## 2. Persentase Error (Kegagalan)

Persentase error yang diperoleh dari hasil perhitungan tegangan ekivalen maksimum (*Von-misses*) komponen *shell* dan *head (full body)* tanpa *nozzle*, jika dibandingkan antara besaran tegangan antara hasil simulasi analisis dengan perhitungan manual untuk menghitung kesalahan, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Error \text{ (Kegagalan)} = \left| \frac{\sigma_{manual} - \sigma_{simulasi}}{\sigma_{manual}} \right| \times 100 \% \quad (8)$$

Persamaan persentase error (kegagalan) [8].

- Persentase *Error* (kegagalan) komponen *Shell* dan *Head (full body)* tanpa *nozzle* :

Maka, Persentase-nya ialah :

$$Error \text{ (Kegagalan)} = \left| \frac{\sigma_{15794,46377 \text{ [psi]}} - \sigma_{22530 \text{ [psi]}}}{\sigma_{15794,4637 \text{ [psi]}}} \right| \times 100 \%$$

$$Error \text{ (Kegagalan)} = 4,26449 \%$$

*Error* (kegagalan) yang dihasilkan ternyata kecil pada komponen *full body* tanpa *nozzle*, sehingga hasil simulasi dianggap *valid* dan bisa digunakan dalam analisis.

## 3.8 Validasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan anatara hasil perhitungan tegangan ekivalen maksimum (*Von-misses*) secara manual dan perhitungan tegangan ekivalen maksimum (*Von-misses*) secara simulasi dengan metode elemen hingga pada komponen *shell* dan *head (full body)* tanpa *nozzle* Seperti tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Validasi untuk tegangan komponen *full body* tanpa *Nozzle*

|                    | $\sigma_1$<br>[psi]   | $\sigma_2$<br>[psi] | $\sigma_3$<br>[psi] | $\sigma_{von-mises}$<br>[psi] |
|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|
| Perhitungan manual | Komponen <i>Shell</i> |                     |                     |                               |
|                    | 11671,7143            | 5835,8544           | 80,1                | 10038,71235                   |
|                    | Komponen <i>Head</i>  |                     |                     |                               |
|                    | 5835,8544             | 5835,8544           | 80,1                | 5755,75142                    |

|                      |  |            |      |             |
|----------------------|--|------------|------|-------------|
|                      | Jumlah $\sigma_{von-mises}$ untuk komponen shell dan head<br>(full body) |            |      | 15794,46377 |
| Perhitungan simulasi | 18325  | 12975,5111 | 80,1 | 22530       |

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil proses perancangan dan analisa hasil proses perancangan yang dilakukan penulis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa analisis beban struktur pada perancangan *Pressure Vessel Separator* untuk menampung fluida *Hydrocarbon Gas/Liquid* dengan tekanan desain 80,1 [psi] menggunakan :

- Bentuk Horizontal Separator
- Dengan bahan material SA-516 Grade 70
- Tipe *Head* menggunakan tipe 2:1 *Ellipsoidal*
- Tebal (*thickness*) sebesar 0,35 [in] pada komponen *Shell* dan *Head*
- Penambahan tebal (*corrosion allowance*) sebesar 0,13 [in] per 20 tahun

Dan Hasil simulasi analisis tegangan komponen *Shell* dan *Head* (full body) dengan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*) hingga menggunakan *software Ansys Workbench R1* diperoleh :

- tegangan ekuivalen maksimum (*Von-mises*) diperoleh 22530 [psi].
- faktor keamanan (SF) komponen *Shell* dan *Head* (full body) sebesar 1,6738,

Sehingga hasil perhitungan secara manual dan perhitungan secara simulasi analisis dinyatakan aman karena tidak melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 37709,81 [psi] serta faktor keamanan dinyatakan aman dikarenakan nilai yang dihasilkan lebih dari  $SF \geq 1,5$

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT.X yang telah memberikan data pendukung dan dukungannya pada penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada senior engineer PT.X atas dikusinya yang bermanfaat.

#### REFERENSI

1. D. Migas, "Annual Report Migas 2013," 2013, [Online]. Available: [www.migas.esdm.go.id](http://www.migas.esdm.go.id).
2. "www.rekayasaengineering.co.id."
3. ASME, "ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code Section Viii," *Secret Doctrin.*, pp. 82–90, 2012, doi: 10.1017/cbo9780511978371.010.
4. "Pressure Vessel (Bejana Tekan) pada industri," 2021. <https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/pressure-vessel-bejana-tekan/>. (diakses pada tanggal 18 Mei 2023 14:21 WIB)
5. SLON-GATHLIBOSPR-PRO-DAS-PHR-2001-00\_PROCESS DATASHEET PRODUCTION Separator LIBO GS\_Rev A1 (1) Pdf
6. SLON-GATHLIBO000-MEC-DAS-PHR- 00\_RevA2DATASHEET FOR SEPARATOR Pdf
7. Joseph P Vidosic (" Machine Design Projects") [Online]. Available: <https://laskarteknik.co.id/faktor-keamanansafety-factor-dalam-perancangan-elemen-mesin/> (diakses pada tanggal 18 mei 2023 14:21 WIB)
8. Willyanto Anggono, et al. 2006. "Penentuan Perbandingan Diameter Nozzle Terhadap Diameter Shell Maksimum Pada Air Receiver"
9. ASME, "SECTION II Materials - ASME Boiler and Pressure Vessel Code," pp. 1–1262, 2019, [Online]. Available: <https://www.asme.org/shop/certification-accreditation>.
10. Priodeep Chowdhury;Lecturer;Dept. of CEE;Uttara University// | Thin walled pressure vessel (diakses 26 Juni 2023 23:38 WIB)
11. R. D. Cook, *Concept and Applications of Finite Element Analysis*. 1981. John Willey & Sons. New York.