

ANALISIS PENGARUH BENTUK *SUPPORTING PROFILE* TERHADAP DEFLEKSI DAN TEGANGAN MAKSIMUM PADA *LEG SUPPORT* BEJANA TEKAN VERTIKAL

Ghea Sandika Putra Junianto¹⁾ Priyagung Hartono²⁾ Ismi Choirotin³⁾

¹ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

^{2,3} Dosen Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Malang Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jl. MT Haryono 193, Malang.

E-mail : ghea.sandika.pj@gmail.com¹⁾, priyagung@unisma.ac.id²⁾,

ismi.choirotin@unisma.ac.id³⁾

ABSTRAK

Bejana tekan (pressure vessel) merupakan wadah tertutup untuk menampung sebuah fluida bertekanan tinggi baik berbentuk cair maupun gas. Salah satu komponen pada bejana tekan yang menerima pembebanan terbesar supporting profile. Dimana bejana tekan horisontal menggunakan supporting profile tipe saddle support sedangkan bejana tekan vertikal menggunakan supporting profile tipe leg support atau skirt. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan besarnya tegangan yang terjadi pada supporting profile tipe leg support pada bejana tekan vertikal dengan harapan didapatkan tipe profil yang efektif digunakan sebagai penyangga pada bejana tekan vertikal. Material yang digunakan adalah ASME SA-36. Pada penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan memanfaatkan software ANSYS 18.2. Analisis ini dimulai dengan merancang sebuah bejana tekan dengan massa sebesar 24.172,92 Kg dengan berisi fluida air yang ditopang oleh supporting profile tipe leg support dengan variasi yakni Profil Hollow, Profil Siku, dan Profil H-beam. Dimensi dari semua tipe profil adalah ukuran 100 x 100 x 8mm, 125 x 125 x 8mm dan 150 x 150 x 8mm. Hasil dari simulasi dibandingkan dengan hasil perhitungan matematis sebagai verifikasi. Dan hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa defleksi dan tegangan terkecil terjadi pada leg support tipe profil hollow berdimensi 150 x 150 x 8mm. Dimana defleksi yang terjadi hanya sebesar 0,0093 mm dan tegangan maksimum hanya 24,444 MPa

Kata Kunci: Bejana Tekan; Supporting Profil; Leg Support; Defleksi; Menekankan

ABSTRACT

Pressure vessel is a closed container which accommodate high pressure fluid in a liquid or gas form . One of components in a pressure vessel that receives the greatest load is the supporting profile. The horizontal pressure vessels use a saddle-type supporting profile, and the vertical pressure vessels use leg supports or skirt-type supporting profiles. This research aims to determine the strength and magnitude of the stress that occurs in the leg support type profile on a vertical pressure vessel in the hope of obtaining the type of profile that is effectively used as a vertical pressure vessel supporting profile. The material used is ASME SA-36. In this research using the finite element method by utilizing the software ANSYS 18.2. This analysis begins with designing a pressure vessel with a mass of 24,172.92 Kg containing water fluid which is supported by a leg support type profile with variations, that is Hollow-Profile, Equal Channel-Profile, and H-beam Profile. The dimensions of all profile types are 100 x 100 x 8mm, 125 x 125 x 8mm and 150 x 150 x 8mm. The simulation results are compared with the results of mathematical calculations as verification. And from the results of this research it was found that the smallest deflection and stress occurred in the hollow profile of the leg supports with dimensions of 150 x 150 x 8mm. The deflection that occure on that profile was 0.0923 mm and the maximum stress was 24,444 MPa.

Keywords: Pressure Vessel; Supporting Profile; Leg Support; Deflection; Stress

1. PENDAHULUAN

Bejana tekan atau yang lebih dikenal sebagai *pressure vessel* merupakan sebuah wadah yang berfungsi untuk menampung fluida bertekanan pada dunia industri. Salah satu buku panduan yang banyak digunakan dalam perancangan bejana tekan adalah *American Society Mechanical Engineering* (ASME Section VIII Div. 1), yang menjelaskan tentang boiler dan *pressure vessel*¹. Pada umumnya bejana tekan dibedakan menjadi dua yakni bejana tekan horizontal (*horizontal pressure vessel*) dan bejana tekan vertikal (*vertical pressure vessel*). Salah satu komponen penting pada bejana tekan adalah kaki penyangga (*supporting profile*). Keduanya memiliki *supporting profile* yang berbeda. Pada bejana tekan horizontal menggunakan tipe *saddle support* sedangkan pada bejana tekan vertikal menggunakan tipe *leg support* atau *skirt support*. *Supporting profile* menerima pembebanan yang sangat besar, yang berasal dari penjumlahan berat kering bejana tekan dengan berat fluida di dalamnya maka dari itu *supporting profile* harus didesain untuk mampu menahan pembebanan dari berat unit dengan defleksi yang kecil untuk menghindari kegagalan konstruksi atau kecelakaan kerja².

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis bentuk dan dimensi profil *leg support* terhadap defleksi dan tegangan maksimum yang terjadi. Sehingga dari penelitian ini diharapkan mendapatkan profil *leg support* yang efektif digunakan sebagai *supporting profile* pada bejana tekan vertikal.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara pemecahan masalah pada penelitian secara cermat dan terencana³. Metode penelitian yang digunakan adalah metode elemen hingga dengan menggunakan bantuan *software ANSYS 18.2* untuk menganalisa pengaruh bentuk *supporting profile* terhadap defleksi dan tegangan maksimum pada *leg support* bejana tekan vertikal.

A. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Dari mulai persiapan, studi lapangan serta pengumpulan jurnal studi pustaka.

B. Pemodelan Geometri

Pembuatan desain *pressure vessel* dan *leg support* yang akan dijadikan model

simulasi menggunakan bantuan *Software Inventor 2017*

C. Prosedur Validasi

Proses verifikasi perhitungan antara *software* dengan perhitungan matematis dengan syarat *error rate* tidak lebih dari 3%. Apabila hasil dari validasi melebihi batas *error rate* maka perlu dilakukan verifikasi ulang.

D. Setting Engineering Data

Apabila validasi telah dilakukan dengan hasil *error rate* kurang dari 3% maka langkah selanjutnya adalah mengatur variabel yang dimasukkan pada *Engineering data*. Seperti spesifikasi bahan material dan dimensi profil.

E. Optimasi Meshing

Menentukan ukuran *mesh* yang akan digunakan pada simulasi dengan cara memvariasi 3 ukuran *mesh* yang berbeda sampai didapatkan hasil perhitungan yang stabil lalu diambil ukuran yang terbesar.

F. Simulasi

Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software ANSYS 18.2*. ANSYS adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk menyelesaikan persoalan mekanis dengan penyelesaian numerik menggunakan metode elemen hingga⁴. Simulasi dilakukan untuk mengetahui besarnya defleksi dan tegangan maksimum yang terjadi pada masing-masing profil *leg support*.

G. Hasil dan Pembahasan

Analisis defleksi dan tegangan maksimum yang terjadi pada setiap profil. Hasil dari simulasi akan ditampilkan dengan menggunakan tabel dan grafik agar lebih mudah dalam pembacaan.

H. Kesimpulan dan Saran

Analisis yang dilakukan akan mendapatkan hasil berupa tipe profil yang efektif digunakan sebagai *supporting profile* pada bejana tekan vertikal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini tentu diperlukan beberapa variabel kontrol untuk membantu dalam proses perhitungan dan perancangan.

A. Data Perancangan:

1. Volume bejana tekan : 324.743.623,92 mm³
2. Massa bejana tekan : 24.172,92 kg
3. Massa jenis fluida : 1000 kg/mm³

4. Gaya pembebanan : 60.019,27 N
5. Panjang profil : 1400 mm
6. Inersia (Iyy) : 4.184.405,3 mm⁴

B. Validasi

Setelah melalui berbagai macam perhitungan maka diketahui data-data sebagai acuan dalam melakukan validasi untuk mengetahui *error rate* pada penelitian ini. Validasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan hasil perhitungan $F_{critical}$ pada salah satu tipe profil yakni profil hollow dengan dimensi 100 × 100 × 8 mm antara hasil dari simulasi dengan perhitungan matematis.

Perhitungan secara matematis:

$E = 200.000 \text{ MPa}$ (ASME SA 36)

$L = 1400 \text{ mm}$

$I_{yy} = 4.184.405,33 \text{ mm}^4$

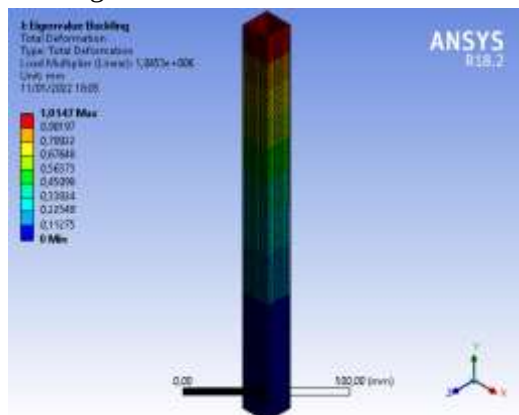
$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4L^2}$$

$$= \frac{(22/7)^2 \times 200.000 \text{ N/mm}^2 \times 4.184.405,33 \text{ mm}^4}{4(1400^2) \text{ mm}^2}$$

$$= \frac{8.266.335.427.428,57 \text{ N/mm}^2}{7.840.000 \text{ mm}^2}$$

$F_{cr} = 1.054.379,52 \text{ N}$

Perhitungan melalui software ANSYS



Gambar 1. Simulasi F_{crit} pada profil hollow

Dari simulasi yang dilakukan pada ANSYS Workbench didapatkan nilai dari $F_{Critical}$ (F_{cr}) sebesar 1,0453e+006 pada kolom *Load Multiplier (Linear)* atau sebesar 1.045.300 N.

Perbandingan dari perhitungan teoritis dengan hasil perhitungan pada Software ANSYS Workbench dapat dihitung dengan

$$\text{Error rate} = \frac{P_{\text{Teoritis}} - P_{\text{Software}}}{P_{\text{Software}}} \times 100\%$$

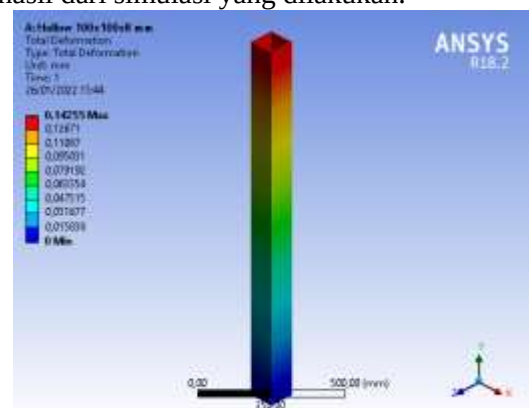
$$= \frac{1.054.379,52 \text{ N} - 1.045.300 \text{ N}}{1.045.300 \text{ N}} \times 100\%$$

$$= 0,87\%$$

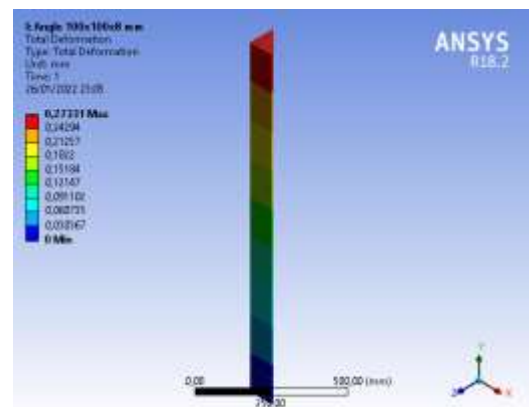
Maka akan didapat nilai *error rate* sebesar 0,87%. Sesuai dengan batas maksimum *error rate* yang tidak lebih dari 3% maka validasi ini dianggap bisa diterima dan penelitian ini bisa dilanjutkan.

C. Simulasi

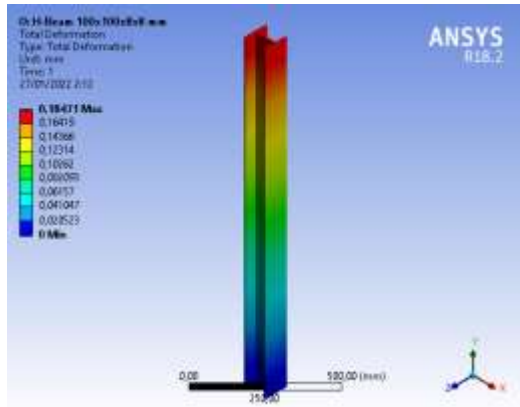
Simulasi dilakukan dengan melakukan pembebanan pada setiap profil sebesar 60.019,27 N dengan beban diasumsikan berada tegak lurus dengan profil secara aksial. Dibawah ini merupakan salah satu contoh hasil dari simulasi yang dilakukan.



Gambar 2. Hasil simulasi defleksi maksimum pada profil hollow ukuran 100 × 100 × 8 mm



Gambar 3. Hasil simulasi defleksi maksimum pada profil siku ukuran 100 × 100 × 8 mm



Gambar 4. Hasil simulasi defleksi maksimum pada profil H-beam ukuran 100 × 100 × 8 mm

Hasil dari simulasi defleksi maksimum pada ketiga *leg support* dengan variasi profil dengan ukuran yang berbeda mendapatkan hasil besarnya nilai defleksi maksimum yang digambarkan pada tabel berikut ini.

Jenis Profil	Dimensi Profil (mm)	Defleksi Maksimum (mm)
Hollow Profile	100 × 100 × 8	0,14255
	125 × 125 × 8	0,11207
	150 × 150 × 8	0,09233
Equal Channel Profile	100 × 100 × 8	0,27331
	125 × 125 × 8	0,21680
	150 × 150 × 8	0,17965
H-Beam Profile	100 × 100 × 8 × 8	0,18471
	125 × 125 × 8 × 8	0,14610
	150 × 150 × 8 × 8	0,12084

Tabel 1. Hasil Simulasi Defleksi Maksimum



Gambar 5. Grafik defleksi maksimum

Setelah dilakukan simulasi menggunakan software ansys workbecnch 18.2 didapatkan hasil simulasi statis pada ketiga variasi profil *leg support* untuk bejana tekan vertikal yang memiliki masa 24.172,92 kg yakni besarnya defleksi maksimum terbesar terjadi pada profil jenis siku (*angle profile*) yang berukuran 100×100×8 mm dengan besarnya defleksi adalah

0,2733 mm sedangkan defleksi terkecil terjadi pada profil hollow (*hollow profile*) berukuran 150×150×8 mm dengan nilai defleksi sebesar 0,0923 mm

Jenis Profil	Dimensi Profil (mm)	Tegangan Maksimum (MPa)
Hollow Profile	100 × 100 × 8	33,477
	125 × 125 × 8	28,269
	150 × 150 × 8	24,444
Angle Profile	100 × 100 × 8	63,516
	125 × 125 × 8	53,662
	150 × 150 × 8	47,453
H-Beam Profile	100 × 100 × 8 × 8	37,056
	125 × 125 × 8 × 8	30,576
	150 × 150 × 8 × 8	26,096

Tabel 2. Hasil simulasi tegangan maksimum

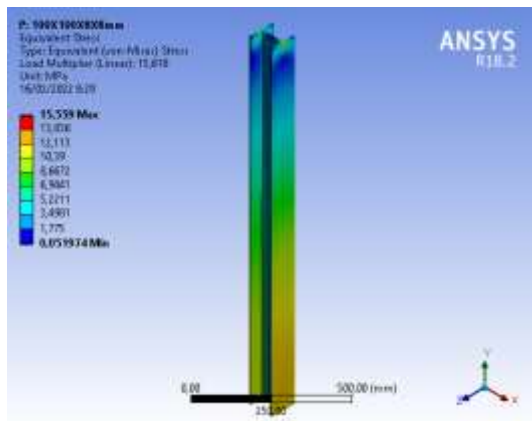


Gambar 6. Grafik defleksi maksimum

Hasil simulasi besarnya tegangan maksimum pada setiap profil *leg support* didapatkan analisis bahwa tegangan maksimum terbesar terjadi pada *leg support* jenis profil siku (*equal channel profile*) dengan ukuran 100×100×8 mm yang mengalami tegangan maksimum sebesar 63,516 MPa. Sedangkan untuk profil yang mengalami tegangan maksimum terkecil adalah jenis profil hollow (*hollow profile*) dengan ukuran 150×150×8 mm dengan nilai tegangan maksimum yang terjadi adalah 24,444 MPa.

D. Analisis Eigenvalue Buckling

Analisis *eigenvalue buckling* adalah teknik analisis elemen hingga yang digunakan untuk menentukan kekuatan beban *buckling* (beban kritis yang dapat menyebabkan struktur menjadi tidak seimbang/tekuk).



Gambar 7. Plot simulasi *eigenvalue buckling*

Jenis Profil	$F_{buckling}$ (N)	$\sigma_{buckling}$ (MPa)	Status
Hollow Profile	1.045.415,64	355,10	Tidak Aman
	2.121.741,21	566,70	Aman
	3.693.345,80	812,79	Aman
Angle Profile	150.318,26	97,86	Tidak Aman
	295.768,96	152,78	Tidak Aman
	474.326,29	203,05	Tidak Aman
H-Beam Profile	336.011,88	147,89	Tidak Aman
	693.942,80	241,62	Tidak Aman
	1.122.600,43	323,33	Tidak Aman

Tabel 3. Perhitungan *load critical*

Dari hasil perhitungan diperlihatkan bahwa profil yang aman digunakan hanya profil hollow dengan dimensi 125×125×8 mm dan 150×150×8 mm dikarenakan besarnya tegangan *buckling* ($\sigma_{buckling}$) lebih besar dari kekuatan maksimum bahan. Hal ini dapat diartikan bahwa profil yang lain memiliki tegangan *buckling* di bawah kekuatan maksimum bahan akan mengalami tekuk/patah lebih awal sebelum mencapai kekuatan maksimum bahan dari material ASME SA 36.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil berupa profil yang mengalami defleksi maksimum dan tegangan maksimum terbesar adalah profil siku (*equal channel profile*)

berukuran 100×100×8 mm dengan nilai defleksi sebesar 0,2731 mm dan mengalami tegangan maksimum sebesar 63,516 MPa. Sedangkan profil yang mengalami defleksi dan tegangan maksimum terendah adalah profil hollow (*hollow profile*) berukuran 150×150×8 mm dengan defleksi sebesar 0,0923 mm dan tegangan maksimum yang terjadi hanya 24,444 MPa. Dan berdasarkan perhitungan analisis kekuatan tekuk (*eigenvalue buckling*) disimpulkan bahwa dari ketiga jenis profil ini hanya profil *hollow* yang mampu dikatakan aman untuk menopang bejana tekan tipe vertikal. Penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa profil paling efektif untuk menopang bejana tekan tipe vertikal (*pressure vessel*) dengan masa sebesar 24.497 kg (24 Ton) adalah profil hollow (*hollow profile*) dengan ukuran 150×150×8 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Engineers TAS of M. ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII. In: *ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VII.* ; 2017:777.
- Patil A, Kolhe A. Finite element analysis: Pressure vessel with angular leg supports. *Int J Mech Eng Robot Res.* 2014;3(3):533.
- Syamsudin AR, Damayanti V. Metode penulisan pendidikan bahasa. *Bandung PT Remaja Rosdakarya.* Published online 2011.
- Nakasone Y, Yoshimoto S, Stolarski TA. Application of ANSYS to stress analysis. *Eng Anal with ANSYS Softw.* Published online 2006:51-142.