

## ANALISA TEGANGAN PADA BEJANA TEKAN BERSKALA INDUSTRI MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Kani Lihardo Nicholasta<sup>1</sup>, Ojo Kurdi<sup>2</sup>, Djoeli Satrijo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*Email : kanilihardodamanik@gmail.com

### Abstrak

Bejana tekan memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi industri, termasuk pengolahan kimia, produksi minyak dan gas, dan pembangkit listrik. Integritas struktural dan keandalan bejana tekan tersebut sangat penting untuk memastikan keamanan baik bagi personel maupun lingkungan sekitarnya. Makalah ini menyajikan studi komprehensif tentang teknik analisis tegangan yang diterapkan pada tangki tekanan skala industri menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM). Metode elemen hingga adalah teknik numerik yang kuat yang memungkinkan insinyur untuk memprediksi dengan akurat perilaku struktur kompleks yang terkena berbagai kondisi beban. Dalam penelitian ini, model elemen hingga yang rinci dari bejana tekan skala industri dikembangkan dengan mempertimbangkan kekhususan geometri, sifat material, dan kondisi batas. Bejana tekan tersebut dikenai tekanan internal, gradien termal, dan beban eksternal untuk mensimulasikan kondisi operasi dunia nyata. Analisis tegangan dilakukan dengan memecahkan persamaan elastisitas menggunakan metode elemen hingga. Akurasi dan keandalan model elemen hingga diverifikasi dengan membandingkan hasilnya dengan solusi analitis dan data eksperimental yang tersedia dalam literatur.

**Kata Kunci:** *Bejana tekan, Finite element method, Tegangan.*

### Abstract

*Pressure vessels play a crucial role in a wide range of industrial applications, including chemical processing, oil and gas production, and power generation. The structural integrity and reliability of these vessels are of utmost importance to ensure the safety of both personnel and the surrounding environment. This paper presents a comprehensive study on stress analysis techniques applied to industrial-scale pressure vessels using the finite element method (FEM). The finite element method is a powerful numerical technique that enables engineers to accurately predict the behavior of complex structures subjected to various loading conditions. In this study, a detailed finite element model of an industrial-scale pressure vessel is developed, taking into account its geometric intricacies, material properties, and boundary conditions. The vessel is subjected to internal pressure, thermal gradients, and external loads to simulate real-world operating conditions. The stress analysis is performed by solving the governing equations of elasticity using the FEM. The accuracy and reliability of the finite element model are verified by comparing the results with analytical solutions and experimental data available in the literature.*

**Keywords:** *Pressure Vessel, Finite Element Method, Stress.*

### 1. Pendahuluan

Bejana tekan (pressure vessel) merupakan tangki yang digunakan untuk penyimpanan fluida. Biasanya fluida yang disimpan dalam bejana tekan adalah fluida yang memiliki karakteristik maupun perlakuan khusus, misalnya fluida bertekanan, fluida dalam temperatur rendah maupun temperatur tinggi dan lain-lain.. [1].

Metode-metode pengujian yang dilakukan terhadap bejana tekan ada 3 jenis yaitu, inspeksi visual, pengujian hidrostatis dan pengujian FEM. Untuk inspeksi visual, kita hanya melihat dibagian mana saja yang terdapat korosi yang parah maupun retakan atau lubang yang diakibatkan oleh korosi itu sendiri [2][3][4]. Dalam melakukan analisa tegangan pada bejana tekan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui MAWP Circumferential dan MAWP Longitudinal. Dimana MAWP ini menjadi batas maksimal tagangan yang bisa bekerja pada shell bejana tekan. [5].

Bejana tekan awalnya terbuat dari logam seluruhnya (tipe 1). Akan tetapi karena bobotnya yang relative berat serta kekuatan yang rendah, penggunaan bejana tekan logam tidak selalu cocok untuk berbagai pengaplikasian [6] Dengan bantuan software ini juga kita dapat melihat bagian mana yang mengalami tegangan terkonsentrasi sehingga dapat meminimalisir terjadinya kegagalan pada bejana. Karena pada banyak kasus kegagalan bejana tekan, umum nya disebabkan oleh melewati batas MAWP bejana itu sendiri dan adanya konsentrasi tegangan pada titik tertentu. [7][8]

### 2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

Pada penelitian Nitikorn dkk (2020), diketahui bahwa hal-hal yang menyebabkan kegagalan pada bejana tekan biasanya karena adanya tegangan yang terkonsentrasi dan juga persebaran MAWP yang tidak merata pada sepanjang dinding. Metode analisa pada jurnal ini menggunakan pendekatan elemen hingga untuk mengetahui titik mana yang

terjadi tegangan terkonsentrasi, dan melihat kualitas geometri bejana dari persebaran MAWP pada dinding bejana. Umumnya, diskontinuitas dalam struktur (misalnya lubang, slot, takik, alur) dapat menyebabkan konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, distribusi tegangan di daerah ini harus dipertimbangkan dengan hati-hati.

Pada penelitian bejana tekan lainnya, ditemukan pembahasan mengenai lokasi tegangan terkonsentrasi pada bejana dimana pada lokasi tersebut terjadi tegangan yang paling besar, sehingga berpotensi mengakibatkan kegagalan. Adapun penampakan diagram von mises pada lokasi tegangan terkonsentrasi.[9]

Adapun persamaan untuk menghitung besar tegangan longitudinal dan circumferential (hoop) adalah sebagai berikut : [10]

1. Tegangan Longitudinal

$$\sigma_2 = \frac{pr}{2t} \quad (2.1)$$

2. Tegangan Circumferential

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t} \quad (2.2)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu dkk, Tahun 2013, nilai safety factor untuk bejana tekan dinding tipis berkisar antara 1,45 sampai 1,9. Maka dari hasil perhitungan safety factor dapat diketahui bahwa nilai ketebalan paling optimal adalah 8 mm. Untuk ketebalan 9 sampai 12 mm nilai safety factor sudah melewati 1,9.

### 4. Kesimpulan

Dari Hasil Simulasi dan Pembahasan yang telah dilakukan, maka saya dapat menarik tiga kesimpulan, yaitu sebagai berikut.

1. Daerah yang selalu mengalami tegangan maksimum ada pada pertemuan dinding bejana dengan tumpuan (wear plate area).
2. Material optimal yang dapat digunakan untuk bejana tekan dinding tipis dengan beban tekanan 1,77 MPa merupakan material dengan tegangan maksimum terendah, hal ini dikarenakan kemampuan material tersebut untuk menahan tekanan yang diberikan. Material optimal tersebut adalah Q345R, material ini memiliki yield strength yang cukup besar diantara dua variasi material lainnya.
3. Ketebalan optimal dinding ada pada 8 mm, hal ini dikarenakan pada ketebalan ini safety factor yang didapat sudah melebihi batas bawah safety factor bejana tekan dinding tipis yaitu 1,45. Sehingga tidak perlu setebal hasil produksi pabrikan yaitu 10 mm. Hal ini dapat memotong ongkos produksi bejana tekan itu sendiri sehingga harganya lebih terjangkau.

### Daftar Pustaka

- [1] Ahmed Ibrahim, Yeong Ryu, Mir Saidpour (2015). Stress Analysis of Thin-Walled Pressure Vessels
- [2] Nitikorn Noraphaiphaksaa, Piyamon Poapongsakornb, Anat Hasapc, Chaosuan Kanchanomaid,\* (2020). Failure analysis of pressure vessel with sight ports using finite element analysis
- [3] Brian Ellul , Duncan Camilleri (2015). The influence of manufacturing variances on the progressive failure of filament wound cylindrical pressure vessels
- [4] Goran Vukelic a,b,\* , Goran Vizentin a, Reza Bakhtiari a,b (2021). Failure analysis of a steel pressure vessel with a composite wrap repair proposal.
- [5] Egidijus Rytas Vaidogas (2021) Bayesian reasoning aimed at a prediction of failure patterns of fire induced pressure vessel explosions
- [6] Yan-Ping Liang a, De-Cheng Feng b, Xiaodan Ren a (2021). High-fidelity numerical analysis of the damage and failure mechanisms of a prestressed concrete containment vessel under internal pressure
- [7] Younseok Choi a, Junkeon Ahn b, Choonghee Jo c, Daejun Chang a, (2019). Prismatic pressure vessel with stiffened-plate structures for fuel storage in LNG-fueled ship
- [8] Efrando Manullang, Stenly Tangkuman, Benny L. Maluegha (2016) ANALISIS TEGANGAN PADA BEJANA TEKAN VERTIKAL 13ZL100040291 DI PT. ANEKA GAS INDUSTRI
- [9] J. Jegatheesan, Z. Zakaria (2018). Stress Analysis on Pressure Vessel
- [10] Henry H Bednar (1986). Pressure Vessel Design Handbook