

ANALISA PENGARUH BENTUK *HEAD* TERHADAP TEGANGAN MAKSIMUM YANG DITERIMA PADA BEJANA TEKAN JENIS *KNOCK OUT DRUM*

Dimas wicaksono¹⁾ Priyagung hartono²⁾ Unung Lesmanah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Sarjana Jurusan 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: dimaswicaksono86@gmail.com

Abstract

Bejana tekan (*Pressure Vessel*) adalah wadah sebagai penampung fluida, baik cair maupun gas. Bejana tekan merupakan salah satu alat suatu industri yang penting, khususnya untuk industri kimia, perminyakan dan pembangkit listrik seperti pada pembangkit tenaga nuklir. Pada industri tersebut, bejana tekan yang digunakan biasanya memiliki tekanan tinggi. Tujuan di adakan penelitian ini adalah untuk mengetahui bentuk kepala (*head*) yang paling efisien terhadap tegangan yang dihasilkan saat kondisi desain. Metode yang di pakai dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisa pengaruh bentuk *head* terhadap tegangan maksimum yang diterima pada bejana tekan jenis *knock out drum* dengan berdasarkan ASME sect. VIII div. 1. Analisis ini dimulai dengan merancang sebuah bejana tekan dengan desain tekanan dalam sebesar 3,5 kg/cm² kemudian hasil perancangan disimulasikan dengan menggunakan software berbasis elemen hingga dan variasi pencangan dianalisa dengan uji F. Hasil analisi adalah bejana tekan yang paling efektif adalah jenis *hemispherical head* yang diketahui tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 81,427 MPa, serta hasil dari pengolahan data perancangan dari variasi jenis *head* adalah tidak ada pengaruh yang signifikan dari tekanan maksimum yang diijinkan oleh bejana tekan.

Kata kunci: Bejana tekan, jenis head bejana tekan, variasi jenis head, elemen hingga, perancangan bejana tekan, anova.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pressure vessel adalah komponen utama pada dunia industry terutama industri kimia, makanan dan perminyakan dimana banyak proses yang berhubungan dengan perubahan sifat dari *fluida* baik itu *fluida* cair maupun gas. Proses ini memerlukan peralatan yang dapat menangani fluida dengan beragam kontruksi tergantung jenis bahan dan sifat dari fluida yang ditanganinya. Bejana tekan (*pressure vessel*) merupakan salah satu peralatan utama dari proses yang digunakan untuk menangani proses industri tersebut dengan modifikasi yang beragam sesuai dengan keperluan.

Defenisi bejana tekan (*pressure vessel*) adalah tabung tertutup yang berbentuk silinder, berfungsi sebagai wadah penampung yang dapat menahan tekanan dalam (*internal pressure*) maupun tekanan luar (*external pressure*). Contoh bejana tekan adalah bejana penampung (*storage tank*), tabung gas, instalasi

pipa gas, instalasi pendingin, reactor, dan lain sebagainya.

Pada tanggal 20 maret 1905 sebuah ledakan terjadi di sebuah pabrik sepatu di kota Brocton di negara bagian Massachusetts Amerika Serikat. Ledakan yang menewaskan 58 orang dan melukai 117 orang serta menyebabkan kerugian material sebesar seperempat juta dolar Amerika ini berasal dari sebuah boiler (Robert C, 1993 dalam Edi Cahyono, 2005).



Gambar 1 Ledakan Boiler, Grover Perusahaan pabrik sepatu.

Ledakan bejana bertekanan bisa saja terjadi karena banyak faktor antara lain lingkungan kerja tidak sesuai dengan lingkungan desain, fluida kerja tidak sesuai dengan fluida desain, terjadinya retak yang diakibatkan oleh adanya beban dinamis dan tekanan kerja melebihi tekanan desain bejana.

Rumusan Masalah

Dalam pengujian ini permasalahan yang menjadi pokok bahasan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Apa bentuk kepala (*head*) yang paling efisien dalam desain (kebutuhan tebal) terhadap tegangan yang dihasilkan saat kondisi desain?
2. Apa pengaruh berbagai bentuk kepala (*head*) terhadap *maximum allowable working pressure* yang bisa dicapai bejana tekan (*pressure vessel*) tersebut?
3. Berapa tegangan yang terjadi pada masing-masing bejana tekan (*pressure vessel*) akibat tekanan desain dengan menggunakan *software* elemen hingga?

Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak terlalu luas, maka perlu adanya batasan masalah pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah ASME SA 516 Gr. 70.
2. *Internal design pressure* yang digunakan sebesar : 3,5 kg/cm².
3. *Internal design temperature* yang digunakan sebesar : 171 °C.
4. Bejana tekan (*pressure vessel*) yang dirancang adalah bejana tekan *vertical*.
5. Fluida yang di pakai adalah udara kering.
6. Jenis kepala (*head*) yang diteliti adalah: *hemispherical head*, *ellipsoidal head* dan *torispherical head*.
7. Dimensi yang digunakan bejana tekan tersebut adalah sebagai berikut:
8. Panjang TL to TL = 4000 mm. Diameter dalam = 1500 mm.
9. Radiografi test yang dipakai adalah *spot*.
10. Analisa tegangan dengan metode elemen hingga menggunakan bantuan *software Ansys 14.5*.
11. Perancangan hanya pada komponen *shell* dan *head* saja tidak termasuk komponen lain.
12. Proses sambungan las dianggap memenuhi standart

13. Perancangan hanya menghitung *internal pressure* saja tidak termasuk *external pressure*.
14. Perancangan bejana tekan (*pressure vessel*) berdasarkan code ASME Sect. VIII div. 1.

Tujuan Penelitian

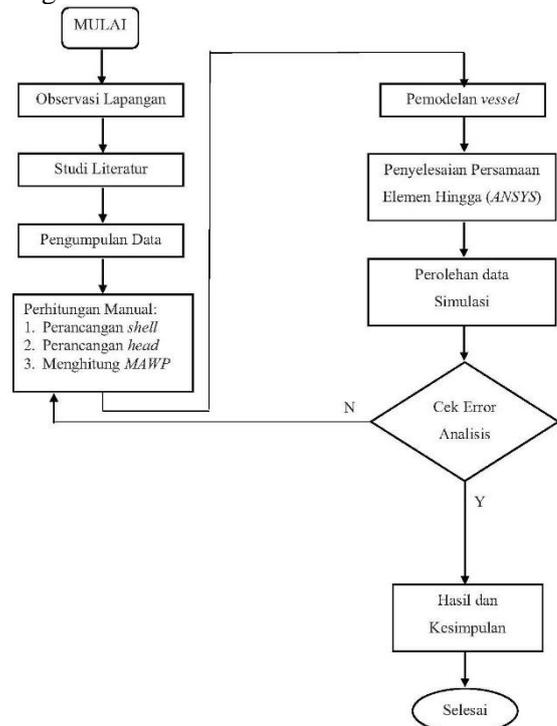
Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui Bentuk kepala (*head*) yang paling efisien terhadap tegangan yang dihasilkan saat kondisi desain.
2. Mengetahui pengaruh berbagai bentuk kepala (*head*) terhadap *maximum allowable working pressure* yang bisa dicapai bejana tekan (*pressure vessel*) tersebut.
3. Mengetahui berapa tegangan yang terjadi pada masing-masing bejana tekan (*pressure vessel*) akibat tekanan desain dengan menggunakan *software* elemen hingga.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Skripsi ini dilakukan sesuai dengan metodologi seperti yang di jelaskan pada Diagram Alir dibawah ini :



Gambar 2 Diagram alur

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2019. Tempat yang digunakan dalam penelitian adalah PT.Boma Bisma Indra (Persero) Pasuruan, untuk mendapatkan hasil

analisa pengaruh bentuk *head* terhadap Tegangan Maksimum dan dibahas sebagai hasil penelitian.

Proses perhitungan

Setelah semua data yang sudah diperlukan sudah terkumpul, maka pada tahap ini dilakukan perhitungan, proses perhitungan dilakukan secara manual sesuai dengan standart ASME (*American Society of Mechanical Engineer*) *section VIII division.1 edition 2017*, namun untuk komponen lain yang yang tidak disebutkan dalam batasan masalah tidak dilakukan.

Simulasi

Proses simulasi merupakan menggunakan *software* berbasis elemen hingga, dimana *software* yang dipakai adalah *Ansys 14.5* dan pemodelan menggunakan *software AutoCad 2010*, proses simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan yang terjadi pada *vessel* akibat tekanan yang ada dalam *vessel*. Apabila hasil simulasi dari input data perhitungan pada saat analisa pemodelan menggunakan *software* tidak sesuai dengan yang diharapkan maka perlu dilakukan verifikasi ulang terhadap *data sheet* dan perhitungan manual.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Perancangan

Pada skripsi ini data-data yang diperlukan dalam perancangan bejana tekan (*pressure vessel*) adalah sebagai berikut:

- Panjang *vessel* TL-TL (*tangent line to tangent line*): 4000 mm
- Diameter dalam : 1500 mm
- *Internal design pressure* : 3,5 kg/cm²
- *Internal design temperature* : 171 °C
- Material bejana tekan : SA 516 Gr.70
- Tegangan ijin Max. material : 1407.21 kg/cm² (melihat dari ASME Sect. II part D *table 1A*)
- Jenis *fluida* : Udara kering
- Radiografi test : Spot
- Jenis kepala (*head*) :
 - *ellipsoidal head*
 - *hemispherical head*
 - *torispherical head*
- Jenis bejana tekan : Vertikal
- Korosi yang diperbolehkan : 3 mm

Hasil Perancangan

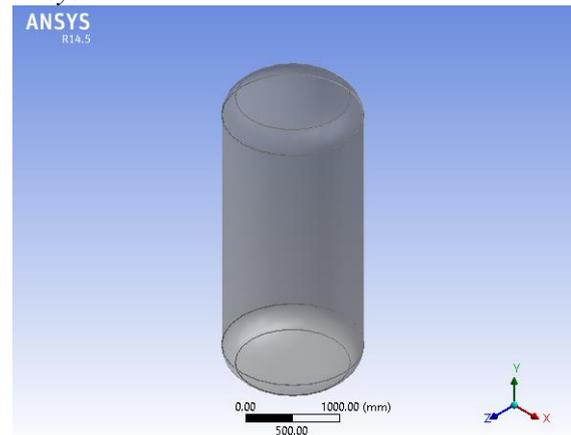
Setelah melalui berbagai macam perhitungan maka dapat diketahui data-data sebagai acuan untuk merancang sebuah *pressure vessel* adapun data-data tersebut dapat dilihat didalam tabel 1 berikut:

| Jenis <i>Pressure vessel</i> | | Tebal Minimal (mm) | Tebal Nominal (mm) | MAWP (kg/cm ²) | MAP (kg/cm ²) |
|------------------------------|--------------|--------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------|
| <i>Ellipsoidal head</i> | <i>Shell</i> | - | 6 | 4.75 | 9.52 |
| | <i>Head</i> | 6 | 9 | 4.76 | 9.56 |
| <i>Hemispherical head</i> | <i>Shell</i> | - | 6 | 4.75 | 9.52 |
| | <i>Head</i> | - | 5 | 6.35 | 15.93 |
| <i>Torispherical head</i> | <i>Shell</i> | - | 6 | 4.75 | 9.52 |
| | <i>Head</i> | 7 | 10 | 4.12 | 7.24 |

Tabel 1 Hasil Perancangan *Pressure Vessel*

Simulasi Ansys

Data dan masukan dalam simulasi ini yang diperlukan adalah geometri *pressure vessel* yang telah dihasilkan dari *software Autocad 2010*. Kemudian struktur *pressure vessel* diimport kedalam *software* simulasi *Ansys 14.5*



Gambar 3 Geometri *vessel*

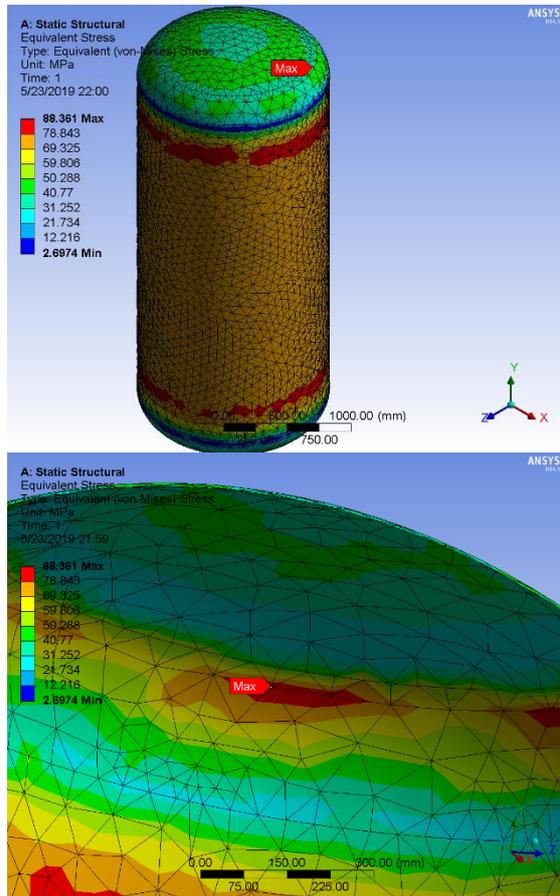
Struktur geometri yang telah diimport kedalam *software Ansys 14.5* diberikan masukan data material pada tiap komponen, hal ini dilakukan supaya hasil simulasi mendekati keadaan yang sebenarnya, adapun spesifikasi material yang digunakan seperti yang ditunjukkan Tabel dibawah ini :

| Spesifikasi Material (ASME SA 516 Gr.70) | | | |
|--|---------|--------------|-----------|
| Spesifikasi | Besaran | komposisi | Besaran |
| <i>Tensile strength</i> | 485 MPa | Carbon (C) | 0.31% |
| <i>Yield strength</i> | 260 MPa | Besi (Fe) | 98.315% |
| <i>Modulus elasticity</i> | 200 GPa | Mangan (Mn) | 0.85-1.2% |
| <i>Bulk modulus</i> | 160 GPa | Fosfor (P) | 0.035% |
| <i>Shear modulus</i> | 80 GPa | Silicon (Si) | 0.15-0.4% |
| | | Sulfur (S) | 0.04% |

Tabel 2 Spesifikasi Material *Pressure Vessel*

Proses Simulasi Ansys

Simulasi dilakukan dengan menerapkan beban berupa tekanan desain *pressure vessel* sebesar 3.5 kg/cm². dikarenakan pada *software Ansys 14.5* besar satuan yang harus dimasukkan yaitu MPa jadi harus dilakukan konfersi terlebih dahulu jika 1 kg/cm² = 0.098 MPa maka 3.5 x 0.098 = 0.343 MPa



Gambar 4 Hasil simulasi vessel

Hasil Simulasi

Dan dari data perhitungan di atas bisa dilakukan analisa simulasi untuk mengetahui tegangan maksimal yang di terima *pressure vessel* ketika diberi tekanan desain, dan hasil dari analisa simulasi dapat dilihat didalam table 4.3 berikut:

| Jenis <i>Pressure vessel</i> | Tegangan minimal (MPa) | Tegangan maksimal (MPa) |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| <i>Ellipsoidal head</i> | 2.697 | 88.361 |
| <i>Hemispherical head</i> | 36.096 | 81.427 |
| <i>Torispherical head</i> | 6.223 | 109.05 |

Tabel 3 Hasil Simulasi ANSYS 14.5

Analisa Data dengan ANOVA (*Analisis Of Variance*)

Pada penelitian ini digunakan anova satu arah (*one way anova*) dalam analisis satu arah hanya di dasarkan pada satu perlakuan. Hipotesis nihil yang akan di uji mengatakan bahwa tidak ada perbedaan k mean ($k > 2$). Hasil pengujian dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

| Hasil Perhitungan | Variasi Head | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | <i>Ellipsoidal</i> | <i>Hemispherical</i> | <i>Torispherical</i> |
| MAWP Head | 4,76 | 6,35 | 4,12 |
| MAP Head | 9,56 | 15,93 | 7,24 |
| MAWP Shell | 4,75 | 4,75 | 4,75 |
| MAP Shell | 9,52 | 9,52 | 9,52 |
| Jn | n ₁ = 3 | n ₂ = 3 | n ₃ = 3 |
| Jumlah | ΣX ₁ = 28,59 | ΣX ₂ = 36,55 | ΣX ₃ = 25,63 |
| Rata-rata | $\bar{X}_1 = 7,15$ | $\bar{X}_2 = 9,14$ | $\bar{X}_3 = 6,41$ |

Tabel 4 Data Pressure Vessel

Hipotesis

H₀ : $\mu_{\text{ellipsoidal head}} = \mu_{\text{hemispherical head}} = \mu_{\text{torispherical head}}$
 :Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada head pada tekanan maksimal yang diijinkan pada bejana tekan.

H₁ : $\mu_{\text{ellipsoidal head}} \neq \mu_{\text{hemispherical head}} \neq \mu_{\text{torispherical head}}$
 :Terdapat perbedaan yang signifikan pada head pada tekanan maksimal yang diijinkan pada bejana tekan.

Menggunakan pengujian satu sisi kanan

Level of Signicifant (α) = 0, 05

Derajat Kebebasan (dk_A) = p - 1

= 3 - 1 = 2

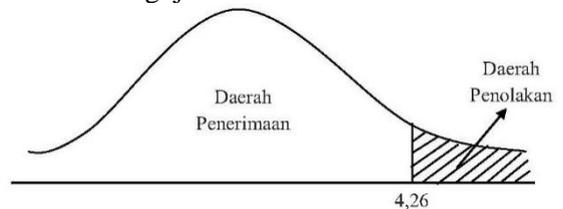
(dk_D) = n - p

= 12 - 3 = 9

= 4,26

Sehingga $F_{\text{tabel } (1-0,05)(2,9)}$

Kriteria Pengujian :



Gambar 5 Kurva Daerah Terima Dan Daerah Tolak Uji Anova

H₀ diterima apabila $F_{\text{hitung}} \leq 4,26$

H₀ ditolak apabila $F_{\text{hitung}} > 4,26$

| Jumlah Variance | dk | Jk | KT | F _{hitung} |
|-----------------|----|--------|-------|---------------------|
| Antar Kelompok | 2 | 15,95 | 7,97 | 0,63 |
| Dalam Kelompok | 9 | 114,56 | 12,73 | |
| Total | 11 | 130,51 | | |

Gambar 6 F Tabel Anova

Kesimpulan

Hasil : Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $0,63 \leq 4,26$ maka H_0 diterima, artinya bahwa nilai tekanan maksimal yang diijinkan pada bejana tekan dengan tekanan dalam desain sebesar $3,5 \text{ kg/cm}^2$, bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan nilai kekuatan antar bejana tekan.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan dan analisa simulasi pada *pressure vessel* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ketebalan yang didapatkan dalam perancangan untuk *pressure vessel* dengan tiga tipe yang berbeda adalah tebal desain *shell* adalah sama yaitu 6 mm dan untuk ketebalan *head* adalah berbeda yaitu untuk *ellipsoidal head* tebal desainnya adalah 9 mm dan tebal minimal setelah deforming adalah 6 mm, untuk *hemispherical head* tebal desainnya adalah 5 mm dan tidak ada tebal minimalnya, dan untuk *torispherical head* tebal desainnya adalah 10 mm dan tebal minimal setelah deforming adalah 7 mm. jadi dapat disimpulkan untuk desain *pressure vessel* yang paling efisien adalah *pressure vessel type hemispherical head* di karenakan dengan tekanan yang sama hanya membutuhkan ketebalan yang paling kecil dari pada dua tipe lainnya dan tidak memerlukan proses forming
2. Dalam perancangan *pressure vessel* harus dihitung MAWP setiap tipe guna untuk mengetahui kemampuan *pressure vessel* dalam menahan tekanan yang diterima dan untuk *shell* MAWP semua tipe adalah sama yaitu sebesar 4.75 kg/cm^2 dan untuk MAWP *head* adalah berbeda yaitu untuk tipe *ellipsoidal head* MAWP yang didapatkan adalah sebesar 4.76 kg/cm^2 , untuk tipe *hemispherical head* MAWP yang didapatkan adalah sebesar 6.35 kg/cm^2 , dan untuk tipe *torispherical head* MAWP yang didapatkan adalah sebesar 4.12 kg/cm^2 . jadi untuk bentuk *head* berpengaruh terhadap besarnya MAWP yang dicapai dan yang paling kuat adalah tipe *hemispherical head* yang mencapai

nilai MAWP yang paling besar dari pada dua tipe yang lain.

3. Dalam simulasi menggunakan *software Ansys 14.5* telah dapat diketahui nilai tegangan maksimum dari ketiga jenis *pressure vessel* yaitu untuk *pressure vessel type ellipsoidal head* diketahui tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 88.361 MPa , untuk *pressure vessel type hemispherical head* diketahui tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 81.427 MPa , dan untuk *pressure vessel type torispherical head* diketahui tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 109.05 MPa ,
4. Dari hasil analisa data uji anova (*Analisis Of Variance*) diperoleh hasil tidak dapat perbedaan yang signifikan nilai tekanan maksimal yang diijinkan pada bejana tekan dengan $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $0,63 \leq 4,26$ maka H_0 diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. (2007). *Modul Ansys. Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem*.
- ASME. (2017). *Rules for Contruction of Pressure Vessel Sec,VIII Div.1*. New York.
- Cahyono, E. (2004). *Perancangan bejana tekan vertical berisi udara untuk peralatan pneumatic kapasitas 8,25 m3 dengan tekanan kerja 5,7 kg/cm2*.
- Irianto, A. (2016). *Statistik konsep dasar, aplikasi, dan pengembangannya*. jakarta: preadamedia group.
- Megyesy, E. F. (2008). *Pressure Vessel Handbook* (14 ed.). Oklahoma: PV PUBLISHING, INC.
- Nentchev, A. (1971). *Numerical Analysis and Simulation in Microelectronic by Vector Finite Element*. Bulgarien.
- Popov, E. P. (1983). *Mekanika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Pradigdo, R. (2012). *Analisis Tegangan untuk Memprediksi Kegagalan akibat Beban Kejut pada Velg mobil merk Lenso*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Zubaidi, A. B. (2012). *Analisis Perancangan Bejana Tekan (Shell,thickness,nozzle neck) pada Shell and Tube Heat Exchanger Type BEM*.