

Analisa Pengaruh Diameter *Nozzle* Terhadap Besar Tegangan Maksimum Pada *Air Receiver Tank* Horisontal Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Willyanto Anggono⁽¹⁾, Ian Hardianto⁽²⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra; *Product Innovation and Development Centre Petra Christian University*
 Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya 60236 INDONESIA
 Email:willy@petra.ac.id⁽¹⁾, ian@petra.ac.id⁽²⁾

Abstrak

Pada dinding suatu *Air Receiver Tank* selalu terdapat lubang *nozzle* yang digunakan sebagai saluran masuk dan saluran keluar (*inlet-outlet*) udara. Keberadaan *nozzle* ini menyebabkan diskontinuitas pada dinding tangki yang mengakibatkan terjadinya konsentrasi tegangan. Pada suatu *Air Receiver Tank*, tegangan maksimum selalu terjadi pada daerah sambungan antara *dinding* bejana dan pipa *nozzle* karena pada daerah inilah terjadinya diskontinuitas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh diameter *nozzle* terhadap tegangan maksimum yang terjadi pada *Air Receiver Tank* dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS yang berbasis Metode Elemen Hingga. Dalam penelitian ini diameter *nozzle* akan divariasikan dalam *range* tertentu. Hasil dari penelitian dengan menggunakan diameter *nozzle* antara 25 mm sampai 50 mm, diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar diameter *nozzle*, tegangan maksimum yang terjadi juga semakin besar. Tegangan maksimum terbesar terjadi pada diameter *nozzle* 50 mm sebesar 84,3 MPa.

Kata kunci : *Air Receiver Tank, nozzle, tegangan maksimum, metode elemen hingga.*

Abstract

The Air Receiver Tank's wall always exist a component called nozzle that is used as an inlet-outlet for air. The existence of nozzle cause a discontinuity in the tank's wall. In mechanics, discontinuity means stress concentration. Because of this reason, the maximum stress (largest amount of stress) always exists in the connection area between nozzle pipe and the tank's wall. This research's goal is to find out what happen if the diameter of the nozzle pipe is changed. This research is done with the ANSYS finite element method software. Based on the investigation using nozzle diameter from 25 mm till 50 mm, the conclusion for this research is the maximum stress of Air Receiver Tank increase when the nozzle diameter increase. The largest maximum stress is 84.3 MPa using 50 mm nozzle diameter.

Keywords : *Air Receiver Tank, nozzle, maximum stress, finite element method.*

1. Pendahuluan

Air Receiver Tank adalah suatu alat yang digunakan untuk menampung udara bertekanan. Alat ini terdiri dari sebuah tangki/bejana dengan *nozzle* (saluran) *inlet-outlet* pada dindingnya. Keberadaan *nozzle* pada dinding tangki mengakibatkan terjadinya tegangan maksimum karena diskontinuitas yang terjadi.

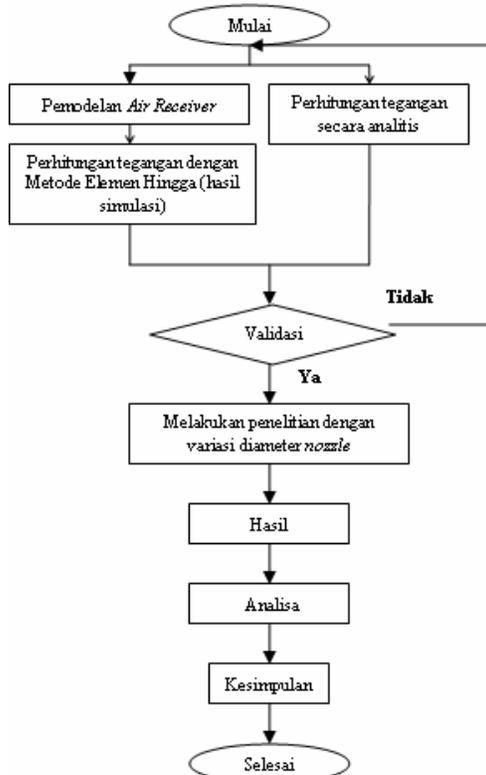
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh diameter *nozzle* terhadap tegangan maksimum yang terjadi. Penelitian ini akan dilakukan dengan perangkat lunak ANSYS, yaitu dengan

melakukan variasi diameter *nozzle* untuk dimensi tangki yang sama.

Penelitian tidak dimungkinkan untuk dilakukan dengan percobaan sebenarnya dan melakukan perhitungan analitis karena penggunaan penelitian secara pengujian sebenarnya dengan memberikan tekanan udara ke *air receiver tank* terlalu berbahaya dan perhitungan analitis yang biasanya digunakan memerlukan waktu yang sangat lama untuk desain *air receiver tank*. Perangkat lunak ANSYS yang berbasis metode elemen hingga dapat digunakan sebagai solusi dalam mengatasi masalah yang telah disebutkan diatas.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian akan digunakan metodologi sebagai berikut :



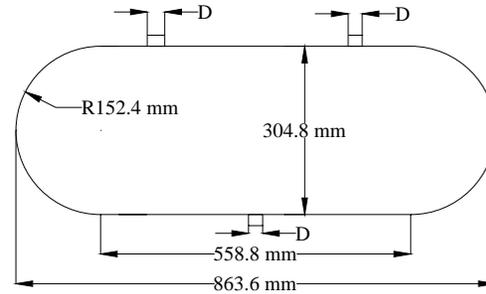
Gambar 1. Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, diambil beberapa batasan masalah sebagai berikut :

- Material tangki diasumsikan homogen, isotropik, dan kontinu.
- Keberadaan dari sambungan las diabaikan. Material diasumsikan kontinu dan utuh.
- Validasi model dilakukan dengan perhitungan analitis karena tidak dimungkinkan melakukan analisa tegangan secara pengujian sebenarnya yang sangat berbahaya.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Air Receiver Tank memiliki geometri yang *axisymmetric*, ini membuat pemodelan untuk *air receiver tank* bisa dilakukan baik dengan *full modelling* (pemodelan utuh), *symmetric modelling*, maupun *axisymmetric modelling*. Spesifikasi dari *Air Receiver Tank* diperlihatkan oleh Gambar berikut :



Keterangan : D = diameter nozzle
Tebal = 5 mm (*uniform*)

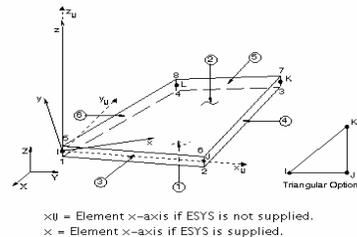
Gambar 2. Dimensi Air Receiver Tank

Full modelling yaitu dengan memodelkan seluruh geometri tangki. Pemodelan semacam ini bisa dilakukan baik dengan elemen *shell* maupun *solid*. *Symmetric modelling* berarti hanya memodelkan separuh bagian dari tangki. Pemodelan semacam ini dilakukan karena geometri dan pembebanan yang memang simetri. Untuk *symmetric modelling* juga bisa dilakukan baik dengan elemen *shell* maupun *solid*. *Axisymmetric modelling* memanfaatkan geometri tangki yang simetri sepanjang sumbu-z (apabila menggunakan koordinat silinder). Pemodelan *Axisymmetric modelling* hanya dilakukan dengan penampang ketebalan tangki dan permasalahannya menjadi dua-dimensi. *Axisymmetric modelling* bisa dilakukan dengan *plane element*.

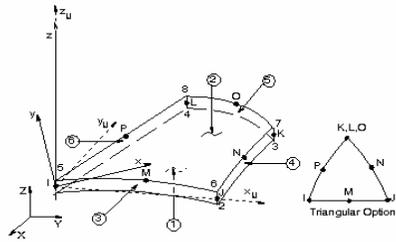
3.1. Pemilihan Tipe Elemen

Tipe elemen yang dapat digunakan untuk analisa struktur *air receiver tank* adalah *shell element*, *solid element*, dan *plane element*.

Dalam ANSYS, terdapat beberapa macam *shell element* yang dapat digunakan untuk simulasi *Air Receiver Tank*, antara lain adalah *SHELL63* dan *SHELL93*.



Gambar 3. SHELL63 Elastic Shell (ANSYS Tutorial,2002)



x_{ij} = Element x-axis if ESYS is not supplied.
 x = Element x-axis if ESYS is supplied.

Gambar 4. SHELL93 8-node structural shell (ANSYS Tutorial, 2002)

Secara umum elemen kuadratik akan lebih baik dalam memodelkan geometri yang kompleks dengan banyak radius (lekukan). Hal ini disebabkan oleh keberadaan *node* di tengah (*midside nodes*). Tetapi dalam hal simulasi *Air Receiver Tank*, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh David Heckman (1998) dalam “*Finite Element Analysis of Pressure Vessel*”, SHELL63 sebagai *linear shell element* menghasilkan kesalahan (*error*) yang relatif lebih kecil daripada elemen-elemen kuadratik. SHELL63 memiliki karakteristik derajat kebebasan yang memenuhi persyaratan dalam simulasi *Air Receiver Tank* ini, yaitu kemampuannya untuk mensimulasikan perpindahan yang disebabkan oleh momen *bending* (gerakan rotasi). Dengan pertimbangan ini maka elemen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah elemen SHELL63 (Anggono (2006)).

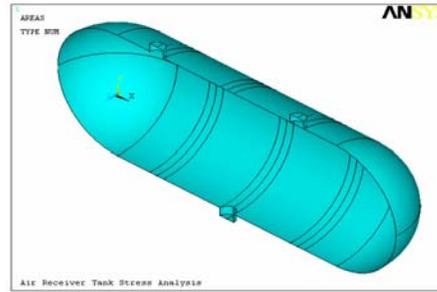
3.2. Validasi

Sebelum melakukan pengujian terhadap pengaruh diameter *nozzle* terhadap besar tegangan maksimum yang terjadi pada *air receiver tank*, model yang digunakan perlu dilakukan validasi, apakah hasil yang akan didapatkan dengan metode elemen hingga cukup valid dalam pemodelan *air receiver tank*.

Validasi dilakukan dengan membandingkan antara hasil simulasi dengan perhitungan analitis. Prosentase kesalahan yang dihasilkan dalam pemodelan *Air Receiver Tank* dengan metode elemen hingga ternyata cukup kecil (1.7 %), sehingga hasil simulasi dianggap valid dan bisa digunakan dalam analisa (Anggono (2006)).

3.3. Pemodelan

Untuk memodelkan *Air Receiver* dengan *nozzle*, yaitu dengan menggunakan *symmetric modelling* dengan elemen SHELL63. *Symmetric modelling* dilakukan karena geometri *air receiver* yang memang simetri dan pembebanan yang terjadi juga simetri.

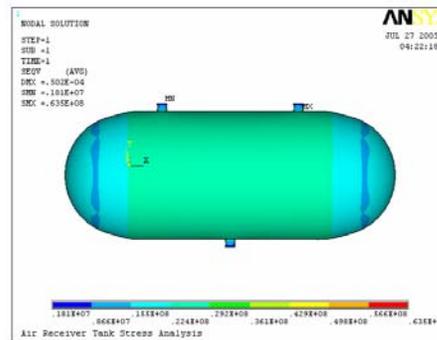


Gambar 11. Pemodelan Air Receiver Tank dengan ANSYS

4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

4.1. Simulasi Air Receiver

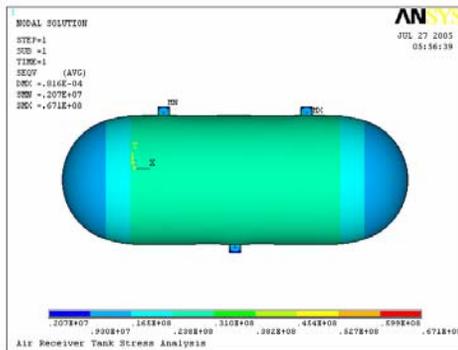
Simulasi dilakukan dengan menerapkan *symmetric boundary conditions* disepanjang garis simetrinya dan tekanan kerja aktual maksimum pada *air receiver tank* sebesar 150 psi (1034214 Pa) diaplikasikan pada model. Kemudian dengan melakukan variasi diameter *nozzle* antara 25 mm sampai 50 mm pada dinding *air receiver tank* didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 12. Distribusi Tegangan pada Air Receiver Tank untuk diameter nozzle 25 mm

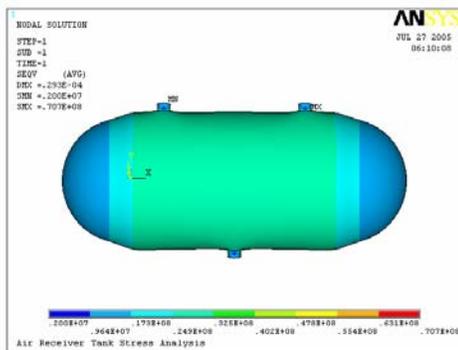
Pada simulasi *air receiver tank* dengan diameter *nozzle* 25 mm, tegangan maksimum yang terjadi adalah 63.5 MPa.

Tegangan maksimum ini terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan dinding *air receiver tank* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



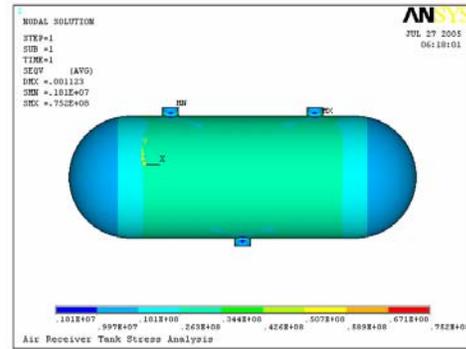
Gambar 13. Distribusi Tegangan pada Air Receiver Tank untuk diameter nozzle 30 mm

Pada simulasi *air receiver tank* dengan diameter *nozzle* 30 mm, tegangan maksimum yang terjadi adalah 67.1 MPa. Tegangan maksimum ini terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan dinding *air receiver tank* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



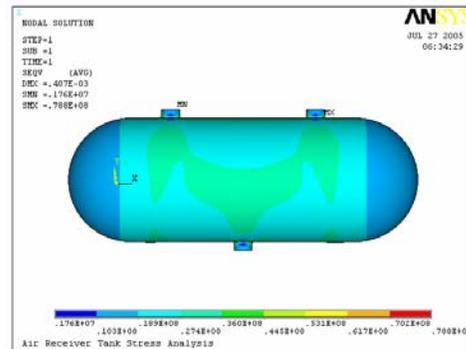
Gambar 14. Distribusi Tegangan pada Air Receiver Tank untuk diameter nozzle 35 mm

Pada simulasi *air receiver tank* dengan diameter *nozzle* 35 mm, tegangan maksimum yang terjadi adalah 70.7 MPa. Tegangan maksimum ini terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan dinding *air receiver tank* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



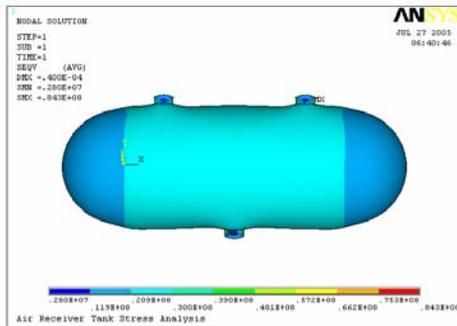
Gambar 15. Distribusi Tegangan pada Air Receiver Tank untuk diameter nozzle 40 mm

Pada simulasi *air receiver tank* dengan diameter *nozzle* 40 mm, tegangan maksimum yang terjadi adalah 75.2 MPa. Tegangan maksimum ini terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan dinding *air receiver tank* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 16. Distribusi Tegangan pada Air Receiver Tank untuk diameter nozzle 45 mm

Pada simulasi *air receiver tank* dengan diameter *nozzle* 45 mm, tegangan maksimum yang terjadi adalah 78.8 MPa. Tegangan maksimum ini terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan dinding *air receiver tank* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.

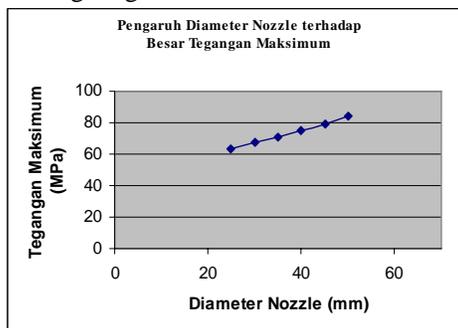


Gambar 17. Distribusi Tegangan pada Air Receiver Tank untuk diameter nozzle 50 mm

Pada simulasi *air receiver tank* dengan diameter *nozzle* 50 mm, tegangan maksimum yang terjadi adalah 84.3 MPa. Tegangan maksimum ini terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan dinding *air receiver tank* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.

4.2. Analisa Hasil Simulasi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin besar ukuran diameter *nozzle*, semakin besar tegangan maksimum yang terjadi. Grafik berikut ini (Gambar 18) menunjukkan bagaimana tegangan maksimum akan meningkat seiring dengan semakin besarnya diameter *nozzle* pada dinding tangki.



Gambar 18. Grafik variasi diameter nozzle terhadap besar tegangan maksimum

Pada penelitian dengan menggunakan diameter *nozzle* antara 25 mm sampai 50 mm pada *air receiver tank*, diperoleh hasil bahwa semakin besar diameter *nozzle*, tegangan maksimum yang terjadi pada *air receiver tank* juga semakin besar. Tegangan maksimum terbesar adalah 84.3 MPa pada

diameter *nozzle* 50 mm. Semakin besar diameter *nozzle*, maka daerah antara bagian *nozzle* dan *shell* (dinding pada *air receiver tank*) semakin terjadi diskontinuitas.

5. KESIMPULAN

Pada penelitian dengan menggunakan diameter *nozzle* antara 25 mm sampai 50 mm pada *air receiver tank*, diperoleh hasil bahwa semakin besar diameter *nozzle*, tegangan maksimum yang terjadi pada *air receiver tank* juga semakin besar. Tegangan maksimum terbesar adalah 84.3 MPa pada diameter *nozzle* 50 mm. Semakin besar diameter *nozzle*, maka daerah antara bagian *nozzle* dan *shell* (dinding pada *air receiver tank*) semakin terjadi diskontinuitas. Diskontinuitas ini berpengaruh negatif terhadap desain *air receiver tank* dan sebaiknya dihindari.

REFERENSI

- [1] Anggono, W., "Peningkatan Unjuk Kerja Desain *Flexible Shield* untuk Pompa Sabun dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga", Jurnal Teknik Mesin, Vol.6, No.2, Oktober 2004, hal. 57-64.
- [2] Anggono, W., "Analisa Pengaruh Radius Heads Terhadap Besar Tegangan Maksimum pada *Air Receiver Tank* Horizontal dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga", (2006), Dalam *Proceeding Seminar on Application and Research in Industrial Tecgnology. Gadjah Mada University*, Indonesia, 27 April 2006, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
- [3] ANSYS, Inc., "ANSYS 7.0 Documentation", (2002), USA: ANSYS, Inc.
- [4] Budynas, Richard G., "Advanced Strength and Applied Stress Analysis", (1999), Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- [5] Carucci, Vincent A., "Overview Of Pressure Vessel Design", (1999), USA: ASME.
- [6] De Weck, Olivier, Il Yong Kim, "Design Optimization", (2004), USA: Massachusetts Institute of Technology.
- [7] Heckman, David, "Finite Element Analysis of Pressure Vessel": MBARI, (1998).

- [8] Juvinall dan Robert, C., "*Engineering Consideration of Stress, Strain and Strength*", (1967), USA: McGraw-Hill Book Company.
- [9] Kaminski, Clemens., "*Stress Analysis & Pressure Vessels*", (2005), UK: University of Cambridge.
- [10] Logan dan Daryl, L., "*Mechanics of Materials*", (1991), USA: McGraw-Hill Book Company.
- [11] Popov dan Egor, P., "*Introduction to Mechanics of Solids*", (1987), USA: Prentice Hall, New Jersey.