

4. ANALISA DATA HASIL RANCANGAN

4.1. Analisa Data Untuk Perancangan Dengan Model Pertama

Hasil simulasi pada Bab 3 perlu di periksa ulang untuk mengetahui validitas dari perancangan yang telah dilakukan. Karena tidak dimungkinkan untuk melakukan analisa tegangan secara eksperimen, maka validasi akan dilakukan dengan perhitungan analitis, yaitu dengan rumus-rumus analitis yang telah dijelaskan pada Bab Tinjauan Pustaka.

Hasil simulasi menunjukkan ketebalan *shell* adalah 1.8 mm, sehingga dengan rumus 2.5 :

$$\frac{304.8}{1.8} > 20$$

$$169.33 > 20 \rightarrow \text{Bejana Tekan berdinding tipis}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa rumus-rumus bejana dinding tipis bisa diaplikasikan untuk keperluan validasi.

4.1.1. Perhitungan Kondisi Tegangan Pada *Shell* Secara Analitis

❖ Tegangan Keliling (*Hoop Stress*)

$$\sigma_h = \frac{pr}{t} = \frac{(1034214)(0.1524)}{(0.0018)} = 87.56 \text{ MPa}$$

❖ Tegangan Membujur (*Longitudinal Stress*)

$$\sigma_{\text{long.}} = \frac{pr}{2t} = \frac{(1034214)(0.1524)}{2(0.0018)} = 43.78 \text{ MPa}$$

❖ Tegangan kriteria von Mises

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

$$\text{dimana : } \sigma_1 = \sigma_{\text{hoop}} = 87.56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{long.}} = 43.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = p_{\text{internal}} = -1.034214 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[(43.78 - 87.56)^2 + (-1.034214 - 87.56)^2 + (-1.034214 - 43.78)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = 76.73 \text{ MPa}$$

4.1.2. Perhitungan Kondisi Tegangan Pada *Heads* Secara Analitis

❖ Tegangan Keliling (*Hoop Stress*)

$$\sigma_{\text{hoop}} = \frac{pr}{2t} = \frac{(1034214)(0.1524)}{2(0.0013)} = 60.62 \text{ MPa}$$

❖ Tegangan von Mises

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2 \right]^{1/2}$$

$$\text{dimana : } \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_{\text{hoop}} = 56.29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = p_{\text{internal}} = -1.034214 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[(60.62 - 60.62)^2 + (-1.034214 - 60.62)^2 + (-1.034214 - 60.62)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = 61.654 \text{ MPa}$$

4.1.3. Validasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan antara hasil perhitungan tegangan secara analitis dan hasil simulasi. Hasil simulasi atau hasil perhitungan tegangan dengan metode elemen hingga dapat dilihat pada Lampiran E.

Validasi untuk tegangan pada *heads* dapat dilihat pada Tabel 4.1, sedangkan validasi untuk tegangan pada *shell* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Untuk perhitungan prosentase kesalahan, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Prosentase Kesalahan} = \left| \frac{\sigma_{\text{hasil simulasi}} - \sigma_{\text{analitis}}}{\sigma_{\text{analitis}}} \right| \times 100 \% \quad (4.1)$$

Tabel 4.1. Validasi untuk tegangan pada *Heads*

	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	σ_3 (MPa)	$\sigma_{\text{von Mises}}$ (MPa)
Hasil Simulasi	60.641	60.577	1.098	59.511
Perhitungan Analitis	60.62	60.62	1.034214	61.654
Kesalahan	0.035 %	0.071 %	6.17 %	3.5 %

Tabel 4.2. Validasi untuk tegangan pada *Shell*

	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	σ_3 (MPa)	$\sigma_{\text{von Mises}}$ (MPa)
Hasil Simulasi	87.433	43.765	1.127	74.75
Perhitungan Analitis	87.56	43.78	1.034214	76.73
Kesalahan	0.145 %	0.034 %	8.97 %	2.71 %

Diskusi mengenai hasil validasi

Kesalahan yang terjadi pada perhitungan tegangan von Mises adalah 3.5 % untuk *heads* dan 2.71 % untuk *shell*. Menurut pihak perusahaan, kesalahan yang bisa mereka terima adalah apabila besar kesalahan pada perhitungan tegangan von Mises berada di bawah 10 %. Dengan demikian karena hasil perhitungan kesalahan berada di bawah 10 %, hasil perancangan dianggap cukup valid dan bisa digunakan.

4.1.4. Diskusi mengenai hasil rancangan

Untuk pemodelan tanpa *nozzle*, konsentrasi tegangan terjadi pada daerah sambungan antara *heads* dan *shell*. Ini sesuai dengan teori yang dibahas pada subbab 2.6.4 mengenai perhitungan analitis untuk bejana tekan. Kondisi tegangan yang berbeda antara *heads* dan *shell* menyebabkan deformasi yang berbeda pula, ini mengakibatkan terjadinya bending lokal pada daerah sambungan.

4.2. Analisa Data Untuk Perancangan Dengan Model Kedua

Hasil simulasi menunjukkan ketebalan *shell* adalah 4.5 mm, sehingga dengan rumus 2.5 :

$$\frac{304.8}{4.5} > 20$$

$$67.73 > 20 \quad \rightarrow \quad \text{Bejana Tekan berdinding tipis}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rumus-rumus bejana dinding tipis bisa diaplikasikan untuk keperluan validasi.

4.2.1. Perhitungan Kondisi Tegangan Pada *Shell* Secara Analitis

- ❖ Tegangan Keliling (*Hoop Stress*)

$$\sigma_h = \frac{pr}{t} = \frac{(1034214)(0.1524)}{(0.0045)} = 35.025 \text{ MPa}$$

- ❖ Tegangan Membujur (*Longitudinal Stress*)

$$\sigma_{\text{long.}} = \frac{pr}{2t} = \frac{(1034214)(0.1524)}{2(0.0045)} = 17.513 \text{ MPa}$$

- ❖ Tegangan von Mises

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

$$\text{dimana : } \sigma_1 = \sigma_{\text{hoop}} = 35.025 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{long.}} = 17.513 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = p_{\text{internal}} = -1.034214 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \frac{\sqrt{2}}{2} [(17.513 - 35.025)^2 + (-1.034214 - 35.025)^2 + (-1.034214 - 17.513)^2]^{1/2}$$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = 31.232 \text{ MPa}$$

4.2.2. Perhitungan Kondisi Tegangan Pada *Heads* Secara Analitis

- ❖ Tegangan Keliling (*Hoop Stress*)

$$\sigma_{\text{hoop}} = \frac{pr}{2t} = \frac{(1034214)(0.1524)}{2(0.0013)} = 60.62 \text{ MPa}$$

- ❖ Tegangan von Mises

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

dimana : $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_{\text{hoop}} = 60.62 \text{ MPa}$

$\sigma_3 = p_{\text{internal}} = -1.034214 \text{ MPa}$

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[(60.62 - 60.62)^2 + (-1.034214 - 60.62)^2 + (-1.034214 - 60.62)^2 \right]^{1/2}$$

$\sigma_{\text{von Mises}} = 61.654 \text{ MPa}$

4.2.3. Validasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan antara hasil perhitungan analitis dan hasil simulasi. Perhitungan tegangan hasil simulasi terdapat pada Lampiran F. Validasi untuk tegangan pada *heads* dapat dilihat pada Tabel 4.3, sedangkan validasi untuk tegangan pada *shell* terdapat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3. Validasi untuk tegangan pada *Heads*

	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	σ_3 (MPa)	$\sigma_{\text{von Mises}}$ (MPa)
Hasil Simulasi	60.592	60.419	1.17	59.329
Perhitungan Analitis	60.62	60.62	1.034214	61.654
Kesalahan	0.046 %	0.33 %	13.13 %	3.77 %

Tabel 4.4. Validasi untuk tegangan pada *Shell*

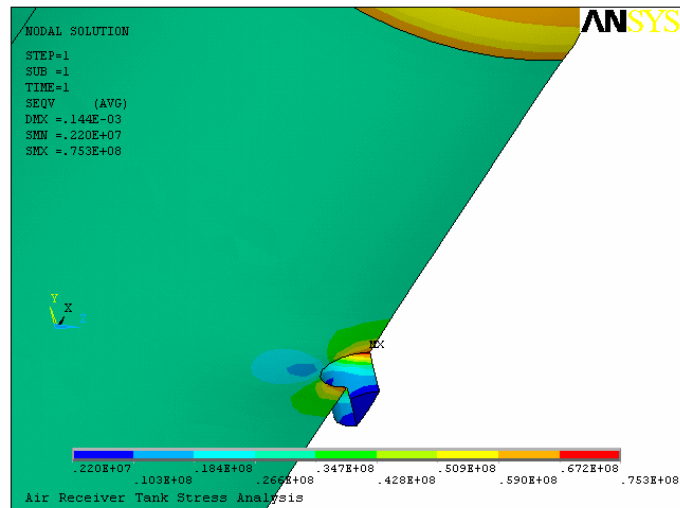
	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	σ_3 (MPa)	$\sigma_{\text{von Mises}}$ (MPa)
Hasil Simulasi	35.278	18.697	1.077	29.623
Perhitungan Analitis	35.025	17.513	1.034214	31.232
Kesalahan	0.722 %	6.76 %	4.14 %	5.15 %

Diskusi mengenai hasil validasi

Untuk model kedua ini, kesalahan yang terjadi pada perhitungan tegangan von Mises adalah 5.15 % untuk *shell* dan 3.77 % untuk *heads* (Tabel 4.3 dan 4.4). Karena kesalahan tersebut masih di bawah 10 %, maka bisa dianggap cukup valid dan pihak perusahaan bisa menerimanya.

4.2.4. Diskusi mengenai hasil rancangan

Untuk pemodelan dengan *nozzle*, konsentrasi tegangan terjadi pada daerah sambungan antara *nozzle* dan *shell*. Ini diakibatkan oleh diskontinuitas yang terjadi (dapat dilihat pada gambar di bawah ini).



Gambar 4.1. Konsentrasi tegangan pada daerah sambungan antara *nozzle* dan *shell*.

4.3. Komparasi penggunaan material

Perancangan dengan metode analitis dan metode elemen hingga menghasilkan ketebalan dinding tangki yang berbeda. Perbandingan antara hasil perancangan dari kedua metode di atas ditabelkan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Perbandingan Hasil Perancangan

	Perancangan Secara Analitis	Perancangan dengan Metode Elemen Hingga	
		Model Pertama	Model Kedua
Ketebalan <i>Shell</i>	1.7 mm	1.8 mm	4.5 mm
Ketebalan <i>Heads</i>	1 mm	1.3 mm	1.3 mm

Ketebalan dinding tangki dengan Model Kedua, yaitu dengan memperhitungkan pengaruh konsentrasi tegangan yang disebabkan adanya *nozzle* adalah yang paling besar (4.5 mm).

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa metode elemen hingga sangat menguntungkan untuk digunakan dalam perancangan, karena kemampuannya untuk mendeteksi konsentrasi tegangan. Dan dengan diperhitungkannya pengaruh dari konsentrasi tegangan dalam desain, maka ketidakpastian dalam desain dapat dikurangi.