

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lab. Mekanika Struktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung untuk mensimulasikan kemampuan tangki toroidal penampang oval dalam menahan *stress* dan ekspansi volume dibandingkan tangki BBG silinder yang ada saat ini. Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dari bulan Juni 2014 sampai bulan Agustus 2014.

B. Properti Material Tangki

Material tangki BBG toroidal direncanakan terbuat dari baja lembaran (plat) dengan ketebalan sebesar 2,3 mm. *Material properties* yang diperlukan berdasarkan ASTM-A414 adalah modulus elastisitas E , kekuatan luluh σ_Y , dan rasio Poisson ν , masing-masing sebesar 207 GPa, 295 MPa, dan 0,3 (BSN, 2007).

C. Penentuan Parameter Tangki

Dalam menganalisis *stress* dan ekspansi volume tangki toroidal penampang oval dengan beban internal *pressure* diperlukan beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Tahapan-tahapan yang diperlukan antara lain:

1. Menentukan Parameter Geometri Tangki

Tangki BBG yang berbentuk toroidal akan diletakkan pada posisi ban cadangan sebuah mobil, sehingga parameter geometri yang ditentukan berdasarkan dimensi atau spesifikasi ban mobil tersebut. Untuk itu dilakukan perhitungan dimensi untuk model sesuai dengan ukuran ban cadangan mobil tersebut.

Sebelum pembuatan model sebaiknya ditentukan parameter geometri dari benda yang akan dimodelkan yaitu analisis ukuran dilakukan untuk tangki BBG kendaraan Toyota All New Avanza dengan ukuran kode ban roda 185/70/R14 (tipe G) dengan model toroidal. Kemudian dari ukuran kode ban roda didapat nilai- nilai sebagai berikut :

➤ Diameter Velg = 14 in = 355,6 mm

➤ Jari-jari Velg (mm) = $\frac{1}{2}$ x Diameter Velg
= $\frac{1}{2}$ x 355,6 mm
= 177,8 mm

➤ Lebar Tapak W (mm) = 185 mm

➤ Persentase tinggi ban H (%) = 70%

➤ Tinggi ban H (mm) = Persentase tinggi ban H x Lebar Tapak W
= 70% x 185 mm
= 129,5 mm

➤ Jari-jari *Extrados*

$$R_{\text{ext}} \text{ (mm)} = \text{Jari-jari Velg (mm)} + \text{Tinggi Ban H (mm)}$$

$$= 177,8 \text{ mm} + 129,5 \text{ mm}$$

$$= 307,3 \text{ mm}$$

➤ Jari-jari *Intrados* (untuk nilai $\rho = 3,4$)

$$R_{\text{int}} \text{ (mm)} = \frac{\rho - 1}{\rho + 1} R_{\text{ext}} \quad (33)$$

$$= \frac{3,4 - 1}{3,4 + 1} 307,3 \text{ mm}$$

$$= 167,618 \text{ mm}$$

➤ Jari-jari Kelengkungan Toroidal (untuk nilai asumsi $\rho = 3,4$)

$$R \text{ (mm)} = \frac{R_{\text{ext}} + R_{\text{int}}}{2} \quad (34)$$

$$= \frac{307,3 \text{ mm} + 167,618 \text{ mm}}{2}$$

$$= 237,459 \text{ mm}$$

➤ Jari-jari penampang Toroidal (untuk nilai $\rho = 3,4$)

$$r \text{ (mm)} = \frac{R_{\text{ext}} - R_{\text{int}}}{2} \quad (35)$$

$$= \frac{307,3 \text{ mm} - 167,618 \text{ mm}}{2}$$

$$= 69,84 \text{ mm}$$

➤ Volume Tangki Toroidal Yang Dijinkan (untuk nilai $\rho = 3,4$)

$$V \text{ (Liter)} = \text{Luas Penampang} \times \text{Tinggi}$$

$$V \text{ (Liter)} = (\pi r^2)(2\pi R) \quad (36)$$

$$= 2 \pi^2 r^2 \cdot R$$

$$= 2 \pi^2 (69,84 \text{ mm})^2 \cdot 237,459 \text{ mm}$$

$$= 22.863.318,89 \text{ mm}^3$$

$$= 22,863 \text{ Liter}$$

Hasil dari Dimensi kode ban dapat ditulis pada Tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Dimensi dari kode ban roda kendaraan mobil

Kode Ban/Roda	185/70/R14
R (in)	14 in
Diameter Velg R (mm)	355,6 mm
Jari-Jari velg R	177,8 mm
W (mm)	185 mm
H (%)	70 %
H (mm)	129,5 mm
R, Extra (mm)	307,3 mm
R, Intra (mm) untuk $(\rho) = 3,4$	167,618 mm
R, (mm) untuk $(\rho) = 3,4$	237,459 mm
r, (mm) untuk $(\rho) = 3,4$	69,84 mm
Volume Tangki (Liter) untuk $(\rho) = 3,4$	22,863 Liter

2. Rancangan untuk Penampang Tangki Toroidal

Setelah didapatkan data-data geometri tangki toroidal sesuai kode ban kendaraan mobil maka selanjutnya diubah penampang lingkaran menjadi oval dengan menentukan nilai *ovality*. dihitung dengan persamaan

$Ovality = \frac{2\alpha}{r}$ (Boyle dan Spence, 1980). Salah satu dicontohkan sebesar

20% atau 0,2 maka :

$$\bullet \alpha = (ovality \times r) / 2 \quad (37)$$

$$= (0,2 \times 69,84 \text{ mm}) : 2$$

$$= 6,984 \text{ mm}$$

dimana α merupakan distorsi penampang pada dua sumbu yang saling tegak lurus. Nilai α akan membuat nilai jari-jari pada setiap sudut berbeda-beda, seperti yang terlihat pada perhitungan :

- $r_1 = r + (\alpha \times \text{Cos } (2\theta))$ (38)

$$= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos } (2.0^\circ)\}$$

$$= 69,84 \text{ mm} + 6,984 \text{ mm}$$

$$= 76,824 \text{ mm}$$
- $r_2 = r + (\alpha \times \text{Cos } (2\theta))$

$$= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos } (2.15^\circ)\}$$

$$= 69,84 \text{ mm} + 6,048 \text{ mm}$$

$$= 75,889 \text{ mm}$$
- $r_3 = r + (\alpha \times \text{Cos } (2\theta))$

$$= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos } (2.30^\circ)\}$$

$$= 69,84 \text{ mm} + 3,492 \text{ mm}$$

$$= 73,332 \text{ mm}$$
- $r_4 = r + (\alpha \times \text{Cos } (2\theta))$

$$= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos } (2.45^\circ)\}$$

$$= 69,84 \text{ mm} + 0$$

$$= 69,84 \text{ mm}$$
- $r_5 = r + (\alpha \times \text{Cos } (2\theta))$

$$= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos } (2.60^\circ)\}$$

$$= 69,84 \text{ mm} - 3,492 \text{ mm}$$

$$= 66,348 \text{ mm}$$

- $r_6 = r + (\alpha \times \text{Cos}(2\theta))$
 $= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos}(2.75^\circ)\}$
 $= 69,84 \text{ mm} - 6,04832 \text{ mm}$
 $= 63,792 \text{ mm}$
- $r_7 = r + (\alpha \times \text{Cos}(2\theta))$
 $= 69,84 \text{ mm} + \{6,984 \text{ mm} \times \text{Cos}(2.90^\circ)\}$
 $= 69,84 \text{ mm} - 6,984 \text{ mm}$
 $= 62,856 \text{ mm}$

D. Pemodelan Geometri Tangki

Setelah didapatkan data-data geometri tangki toroidal maka selanjutnya dilakukan pemodelan geometri tangki dengan *software* ANSYS 13. Ada banyak cara dalam melakukan pemodelan dari tangki toroidal yaitu dengan mengetikkan perintah (*Batch Mode*) atau melalui *Graphical User Interface* (GUI) yang tersedia pada ANSYS 13, akan tetapi lebih baik menggunakan perintah yang diketik (*Batch Mode*), karena dengan cara ini dapat memudahkan dalam memodifikasi dimensi ataupun parameternya. Dalam hal ini pemodelan dilakukan sebagai berikut :

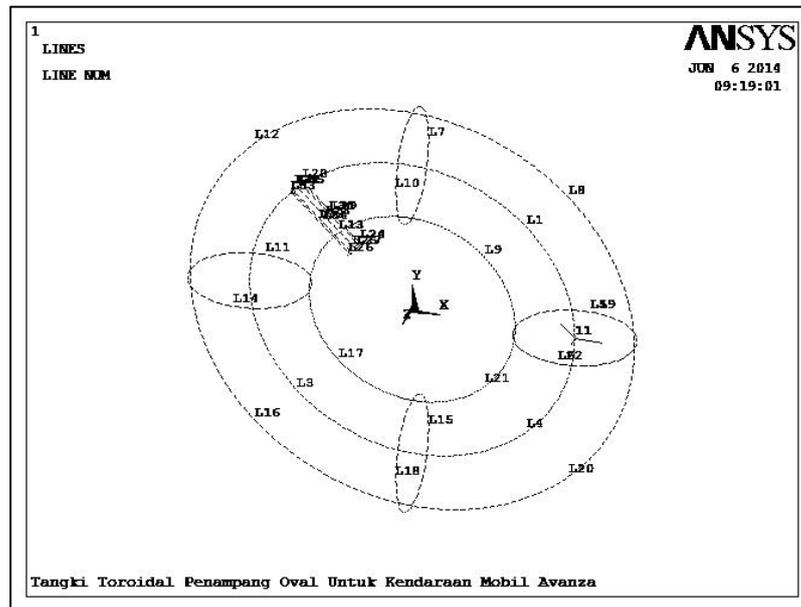
1. Penentuan *Keypoint*

Keypoint merupakan titik yang menggambarkan suatu koordinat. Pada langkah ini dapat dibuat titik-titik yang akan digunakan sebagai pusat dari dua buah toroidal berpenampang oval. Pemodelan dari tangki toroidal dibuat dengan menyesuaikan sumbu x,y,z pada ANSYS 13. Keterangan

keypoint lebih rinci lagi akan dijabarkan pada *logfile* atau perintah (*Batch Mode*) yang tertera pada lampiran.

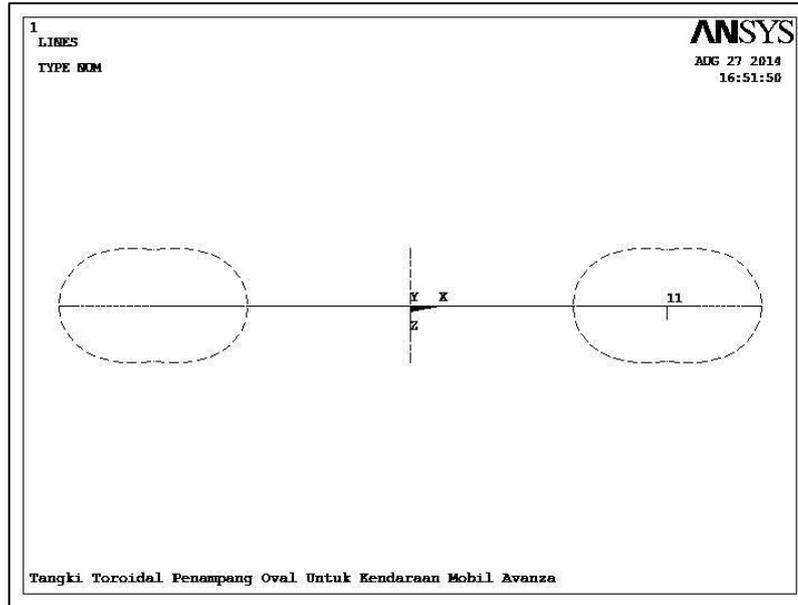
2. Penentuan *Line*

Line adalah *keypoint* yang dihubungkan dapat berupa kurva atau garis lurus. *Line* yang dibuat disini dapat seperti yang terlihat pada Gambar 3.1:



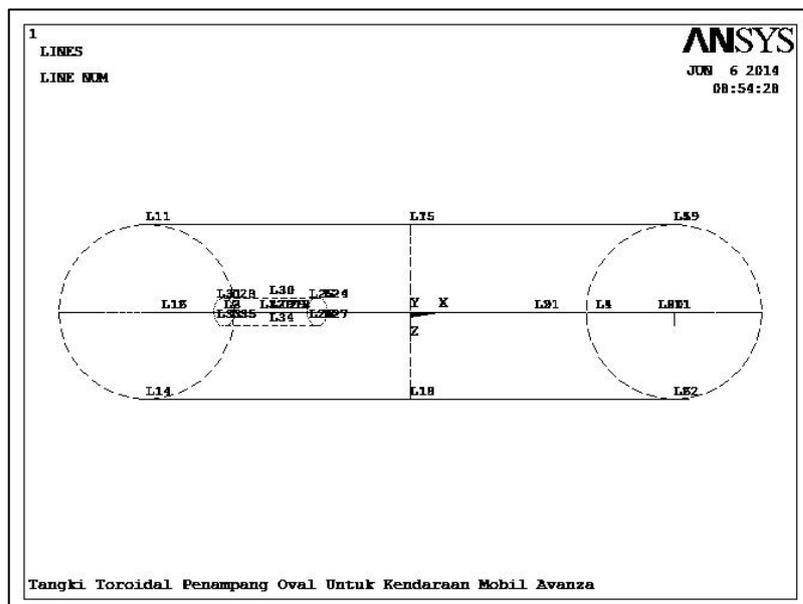
Gambar 3.1 Penentuan *Line* Tangki Toroidal

Keterangan *line* pada Gambar 3.1 lebih rinci lagi akan dijabarkan pada *logfile* atau perintah (*Batch Mode*) yang tertera pada lampiran. Kemudian untuk *line* yang *ovality* nya bervariasi yaitu 0%, 10%, 20%, 30% sampai 41%, karena untuk variasi tersebut masih disebut oval dan untuk diatas 41% sudah tidak dapat disebut oval. Untuk *ovality* diatas 41%, penampang yang terbentuk menunjukkan tidak oval, tetapi menuju angka 8, misalnya untuk *ovality* 50% atau 0,5 seperti pada Gambar 3.2 :

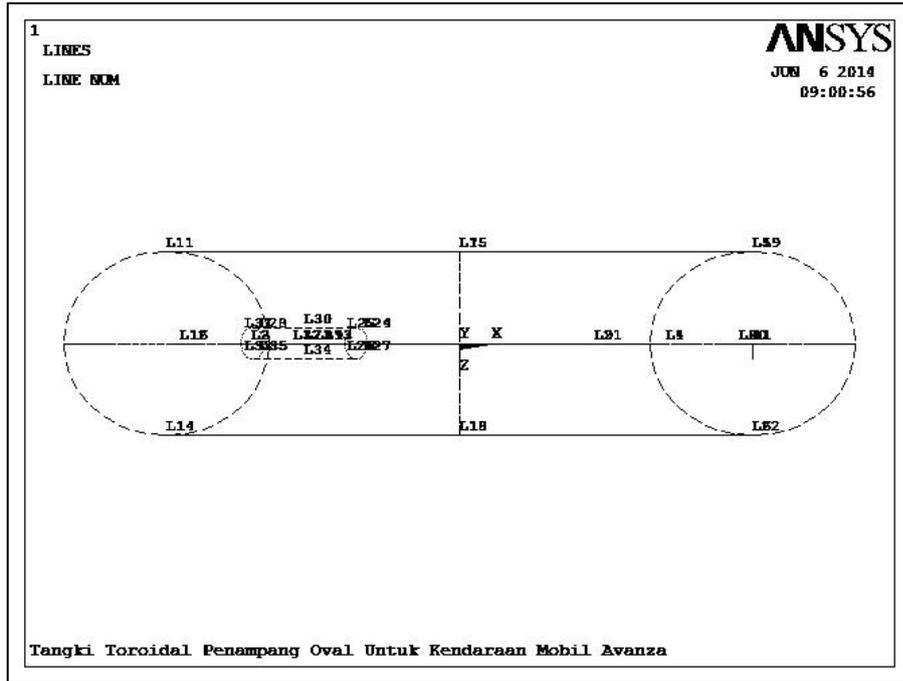


Gambar 3.2 Tampak Depan *Line* Tangki Toroidal *Ovality* 50% (Tidak Oval)

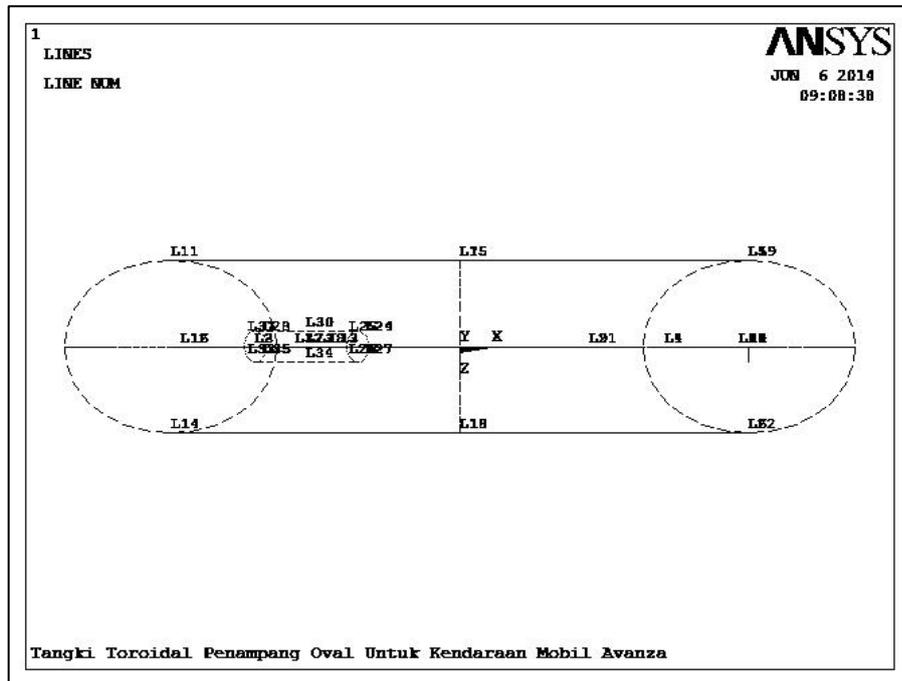
kemudian beberapa variasi *ovality* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 :



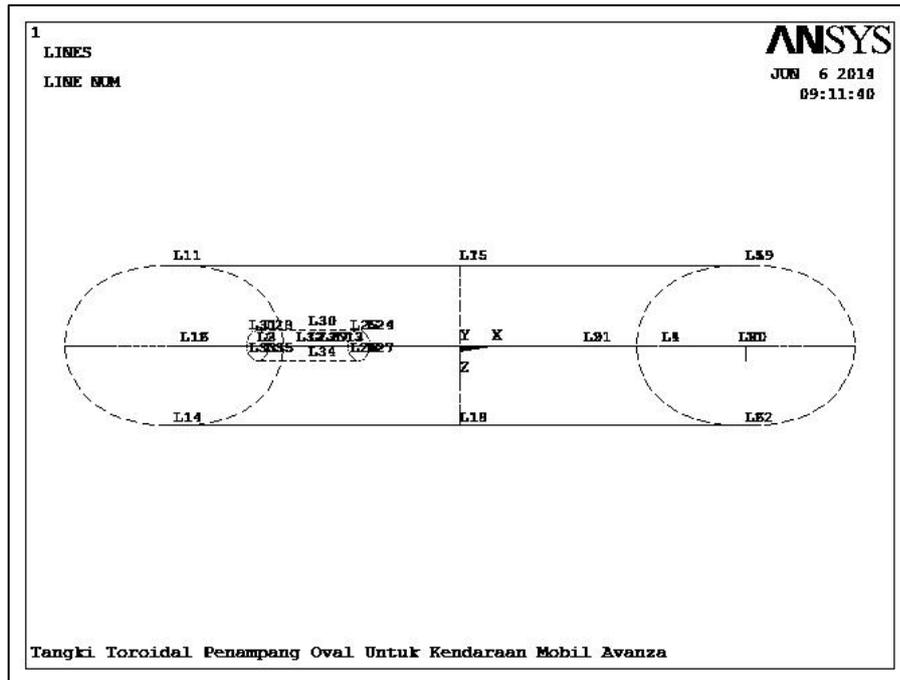
Gambar 3.3 Tampak Depan *Line* Tangki Toroidal *Ovality* 0%



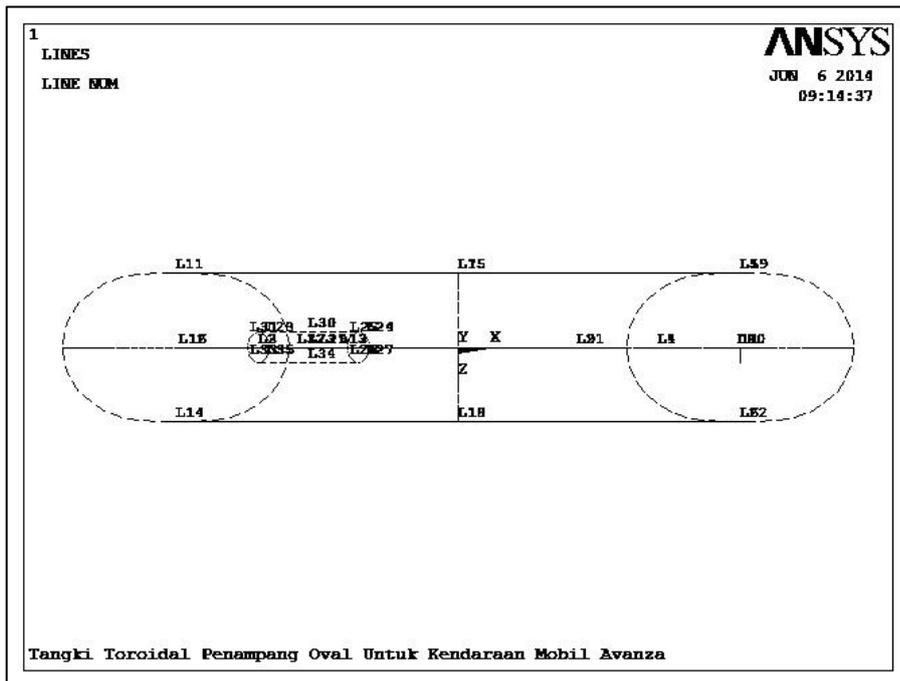
Gambar 3.4 Tampak Depan Line Tangki Toroidal *Ovality* 10%



Gambar 3.5 Tampak Depan Line Tangki Toroidal *Ovality* 20%



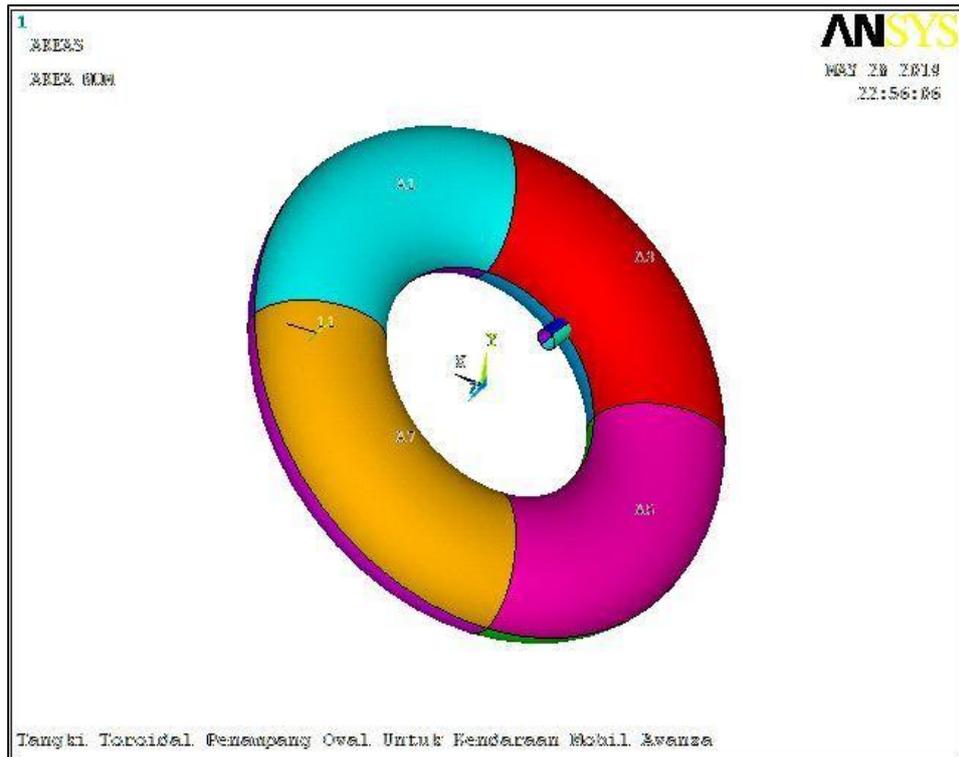
Gambar 3.6 Tampak Depan Line Tangki Toroidal *Ovality* 30%



Gambar 3.7 Tampak Depan Line Tangki Toroidal *Ovality* 41%

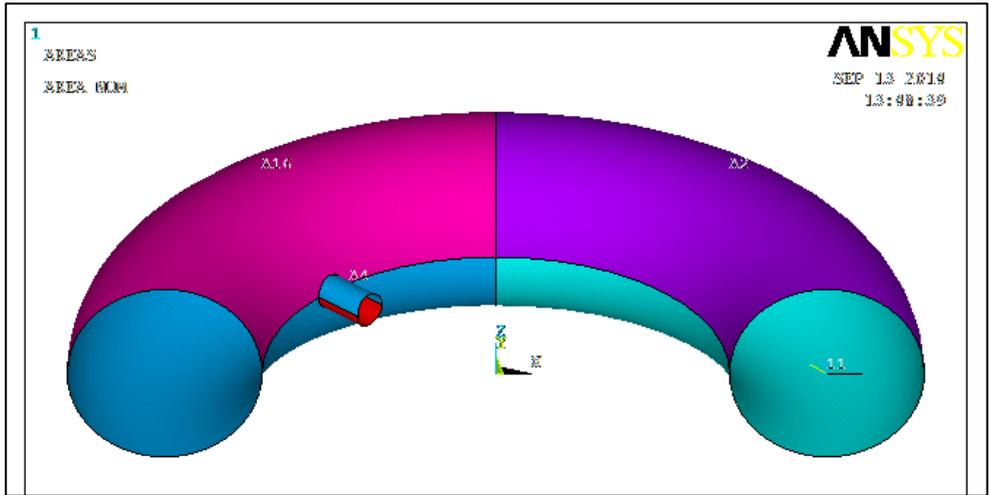
3. Penentuan Area

Area merupakan daerah yang dibatasi *line* atau *keypoint*, pada pemodelan tangki toroidal berpenampang oval ini, *area* dibuat dengan meng-*extrude* *line* yang berupa penampang oval sepanjang lingkaran toroidal seperti yang terlihat pada Gambar 3.8

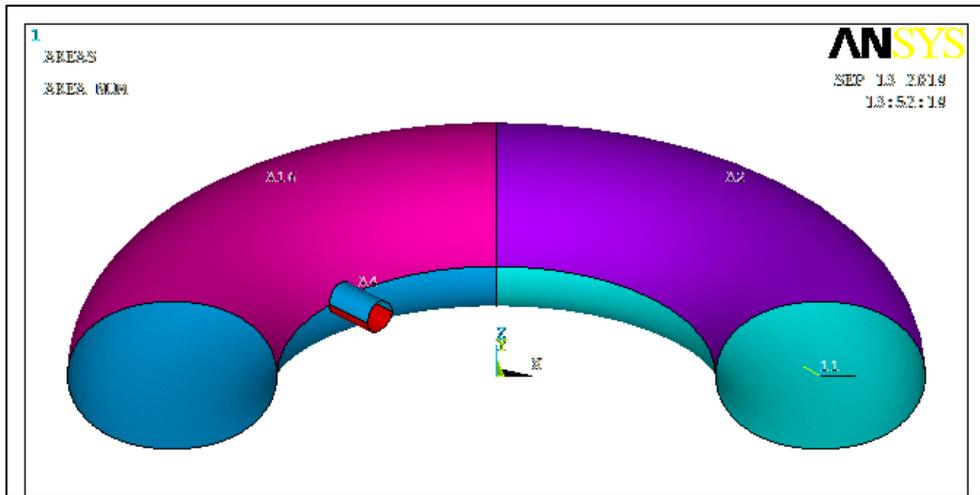


Gambar 3.8 Penentuan Area Tangki Toroidal

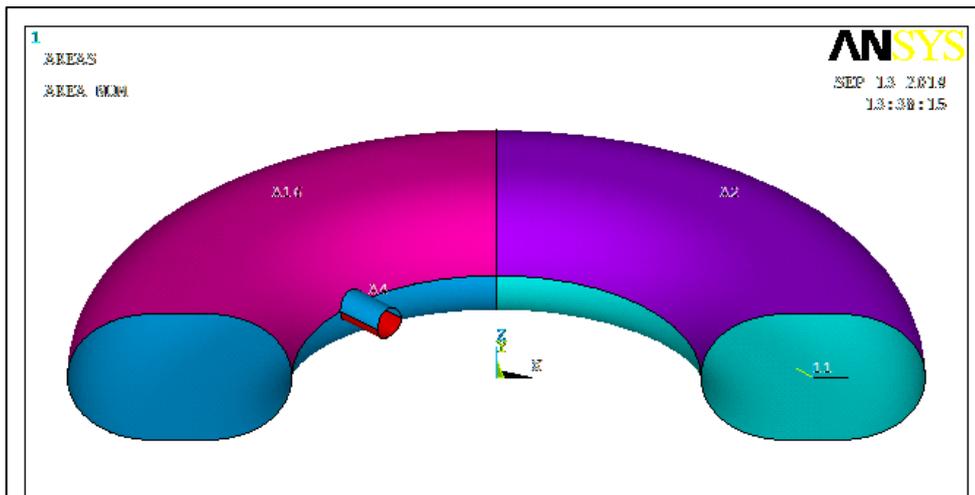
Kemudian untuk *area* yang *ovality* nya bervariasi yaitu 0%, 20%, 41%, dan penampang tidak oval (misalnya *ovality* 60%) dapat dilihat pada Gambar 3.9, 3.10, 3.11, dan 3.12 :



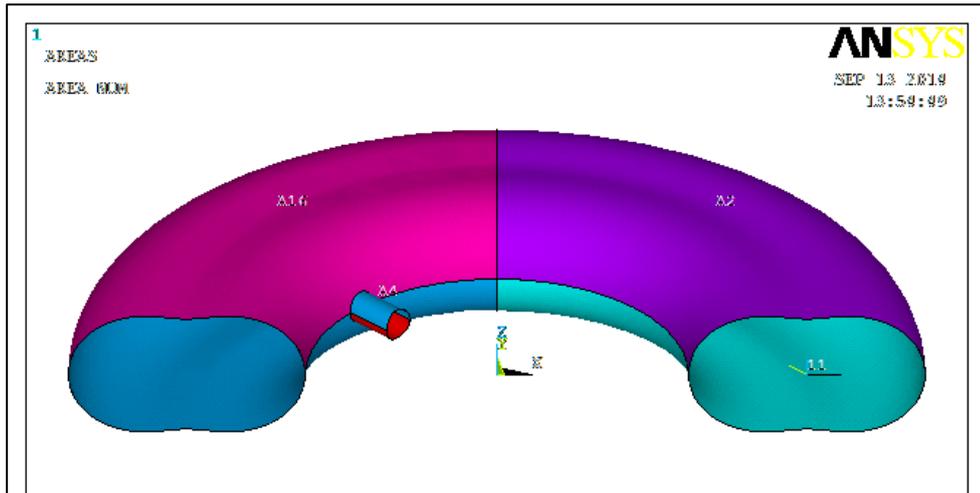
Gambar 3.9 Model *Area* Tangki Toroidal Dengan *Ovality* 0%



Gambar 3.10 Model *Area* Tangki Toroidal Dengan *Ovality* 20%



Gambar 3.11 Model *Area* Tangki Toroidal Dengan *Ovality* 41%

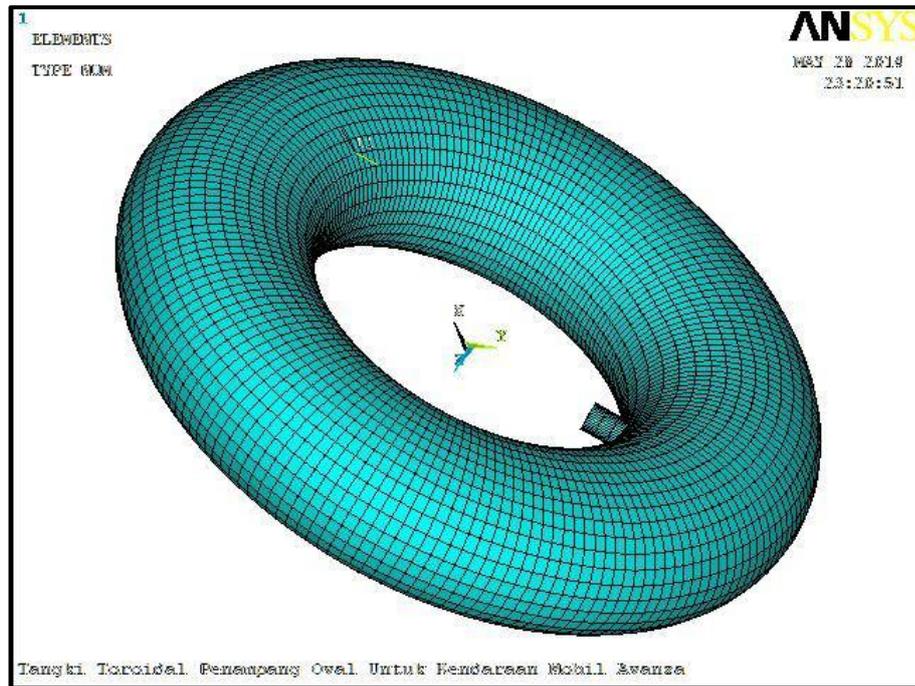


Gambar 3.12 Model Area Tangki Toroidal Dengan *Ovality* 60% (Tidak Oval)

E. Pembagian Elemen (*Meshing*)

Elemen yang digunakan berupa elemen segi empat dengan tipe elemennya SHELL 181. Elemen SHELL 181 ini dapat digunakan untuk analisis struktur *shell* tipis atau tebal. Elemen ini terdiri dari 4 Node dengan enam derajat kebebasan (DOF) pada setiap nodenya.

SHELL 181 juga dapat digunakan untuk aplikasi linear, dan aplikasi non-linear dengan regangan yang besar. SHELL 181 dapat menerima efek beban kaku akibat distribusi tekanan. Pembagian elemen (*meshing*) pada model dapat ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Pembagian Elemen (*Meshing*) Pada ANSYS 13

Elemen pada model dibagi dalam dua bidang, yakni longitudinal dan *circumferential*. Jumlah elemen yang digunakan adalah 180 (2° per elemen) pada arah longitudinal dan 36 (10° per elemen) dalam arah keliling penampang. Jadi jumlah total elemen adalah 6480 elemen pada bagian toroidal sebelum ada nosel. Sedangkan setelah ada *nozzle*, jumlah elemennya menjadi 6840 elemen. Ukuran elemen ini diambil berdasarkan analisis konvergensi (Lubis, 2003).

F. Penentuan Kondisi Batas Beban *Internal Pressure*

Kondisi batas yang digunakan pada model tangki BBG toroidal penampang oval dan besar nilai pembebanan batasnya yaitu:

Beban *internal pressure* yang diberikan dapat diperkirakan dari Persamaan (16) berikut:

- $p_y = \frac{2 \sigma_y t}{r} \left(\frac{\rho - 1}{2\rho - 1} \right)$

Untuk $\rho = 3,4$

- $p_y = \frac{2 (295 \text{ Mpa})(2,3 \text{ mm})}{69,84 \text{ mm}} \left(\frac{3,4 - 1}{6,8 - 1} \right)$
- $p_y = 8,04 \text{ Mpa}$

Jadi beban yang diberikan harus melebihi batas maksimum p_y yaitu 8,04 Mpa.

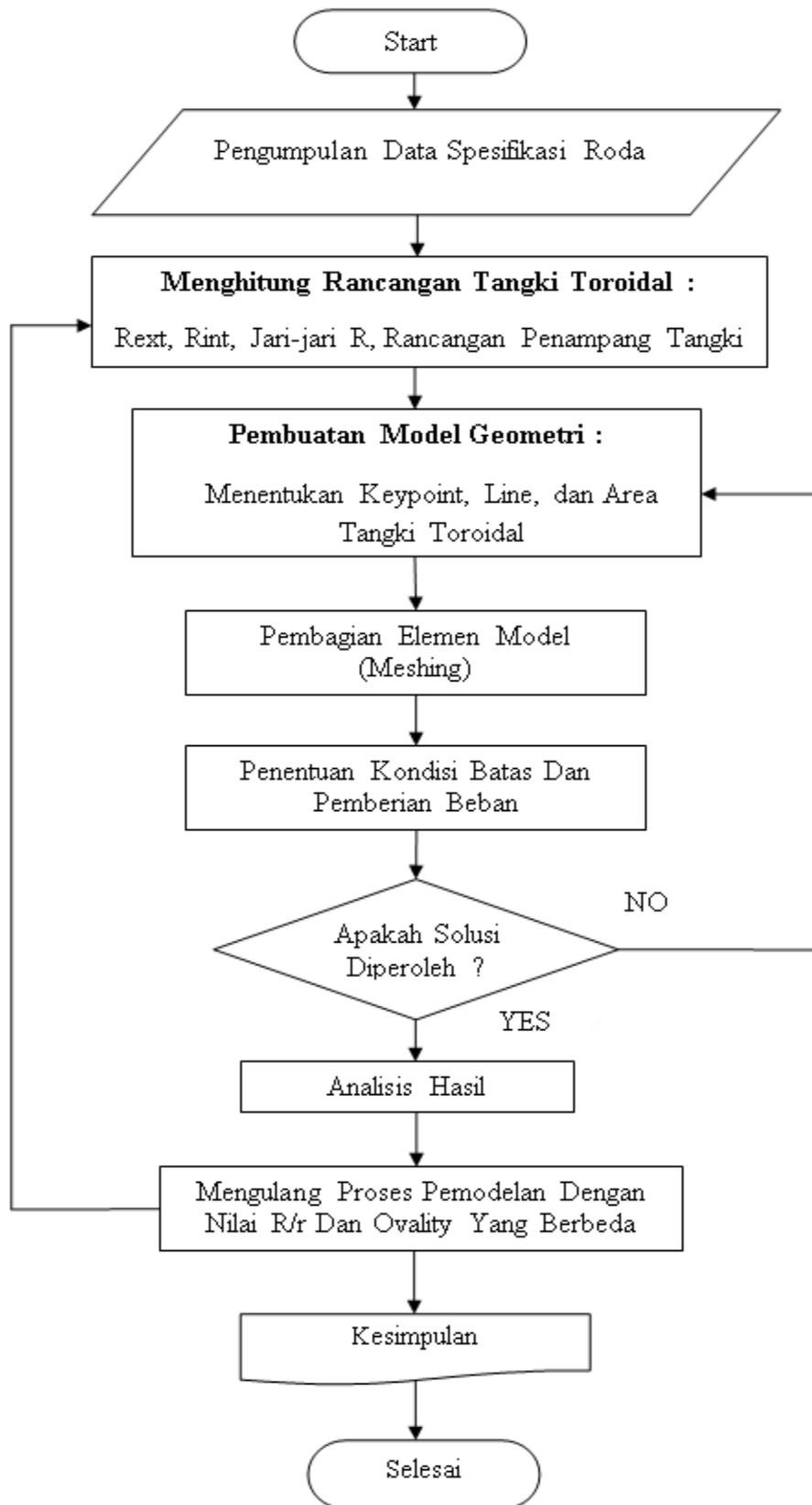
G. Penentuan R/r Terbaik Ditinjau Dari Limit Tekanan Dan Volumennya

Adapun langkah-langkah dalam menentukan nilai rasio R/r terbaik diantaranya :

1. Menghitung nilai volume (V) pada saat R/r = 2,5 sampai dengan R/r = 5,0 pada tangki toroidal tanpa *nozzle*.
2. Mencatat hasil limit tekanan (p_L) pada saat R/r = 2,5 sampai dengan R/r = 5,0.
3. Membuat nilai tidak berdimensi pada volume dan limit tekanan (V/V_{\max} dan p_L/p_{\max}).
4. Membuat grafik optimasi R/r terhadap p_L/p_{\max} dan V/V_{\max} .
5. Jika garis p_L/p_{\max} berpotongan dengan garis V/V_{\max} maka dapat diketahui nilai rasio R/r terbaiknya.

H. Penentuan *Ovality* Terbaik Ditinjau Dari Limit Tekanan Yang Paling Tinggi Dalam Menahan *Stress*

Adapun langkah-langkah menentukan nilai *Ovality* terbaik diantaranya :



Gambar 3.14 Diagram Alir (*flow chart*) Penelitian