

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Struktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Juni 2014 sampai dengan Agustus 2014

B. Metode Pengambilan Data

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

Dalam pembuatan model digunakan dimensi sebagai berikut :

Tabel 2. Dimensi tabung toroidal dan nosel

No	Parameter	Simbol	Simbol (program)	Nilai
1	<i>Perbandingan sumbu eliptik</i>	<i>a/b</i>	<i>e</i>	1,0-2,0
2	<i>Volume tangki</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	dm ³
2	<i>Tebal Shell</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	2,3 mm
3	<i>Jari-jari Nosel</i>	-	-	12,5 mm
4	<i>Perbandingan jari-jari (R/r)</i>	ρ	<i>Rho</i>	2,5 - 5,0

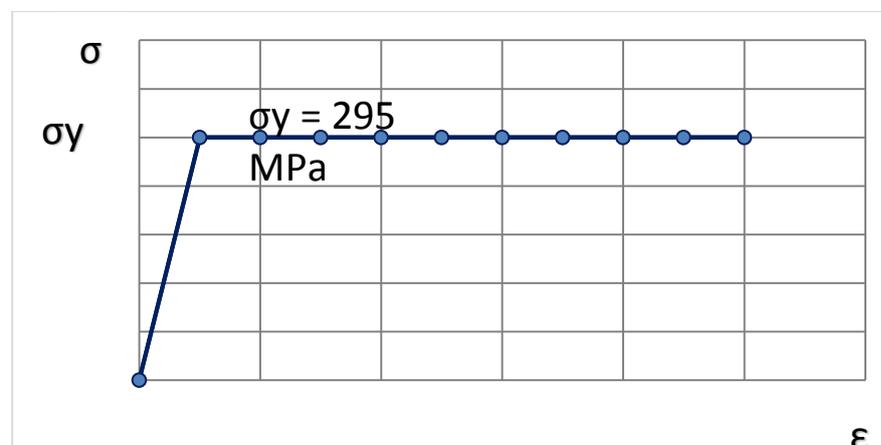
Tabel 3. Properties Material

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	<i>Modulus Young</i>	E	207 GPa
2	<i>Yield Stress</i>	σ_y	295MPa
3	<i>Poisson Ratio</i>	ν	0,3

(Sumber : BSN Indonesia)

Properti material bejana tekan dipilih berdasarkan tabung LPG 3 Kg yaitu JIS G3116 SG-295 yang diambil berdasarkan *ASTM-A414* yang memiliki *Modulus Elastisitas*, E sebesar 207 GPa, Tegangan Luluh (*Yield Stress*), σ_y sebesar 295 MPa, Kekuatan Tarik Puncak (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 487 MPa, dan *Poisson Ratio* 0,30. Untuk nosel digunakan diameter sebesar 25 mm dan tinggi sebesar 10 mm.

Dalam analisis ini, digunakan asumsi model bejana tekan berupa shell dinding tipis (*thin shell*), ketebalan model bejana tekan dianggap merata dengan memiliki permukaan yang halus dan tidak ada *ovality* pada penampang toroidal. Material diasumsikan bersifat *elastic-perfectly plastic*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23.

**Gambar 23.** *Elastic-perfectly plastic material model.*

C. Pemodelan

Sebelum pembuatan model sebaiknya ditentukan parameter geometri dan sifat mekanik dari benda yang akan dimodelkan, misalnya seperti jari-jari, tinggi, tebal, dan lain-lain. Hal ini bertujuan untuk mempermudah perubahan dimensi dari model tersebut jika diperlukan (Geometri dari tabung LPG bentuk toroidal). Setelah didapatkan data-data geometri tabung selanjutnya dapat dilakukan pemodelan tabung gas. Ada banyak cara dalam melakukan pemodelan dari tabung gas toroidal beserta dengan nosel silindernya, yaitu dengan mengetikkan perintah (*Batch Mode*) atau melalui *Graphical User Interface* (GUI) yang tersedia pada ANSYS. Akan tetapi lebih baik menggunakan perintah yang diketik (*Batch Mode*), karena dengan cara ini dapat memudahkan dalam memodifikasi dimensi ataupun parameternya.

Setelah didapatkan data-data geometri tabung selanjutnya dapat dilakukan pemodelan tabung gas yang tersedia pada *software* ANSYS.

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan ukuran tempat dimana tangki toroidal diletakkan yaitu pada letak ban cadangan dengan melihat spesifikasi ukuran ban mobil. Pada penelitian ini tangki toroidal akan digunakan untuk kendaraan Toyota Innova type G dengan ukuran ban 205/65/R15, yang artinya 205 adalah lebar ban yg diukur dari bagian paling luar kedua sisi ban dalam satuan milimeter. Kemudian 65 merupakan aspek ratio yaitu ketinggian ban dibandingkan dengan lebar ban yang diukur dalam prosentase. Dalam hal ini ketebalan ban = $205 \times 65 \% = 133,25$ milimeter. Kemudian R adalah

diameter dari ring (velg). Angka R15 berarti diameter ban pada sisi dalam dengan satuan hitung 15 inchi.

Menentukan volume sebuah toroidal dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V &= (\pi r^2) \cdot h \\
 V &= (\pi r^2)(2\pi R) \\
 &= 2 \pi^2 r^2 R \qquad (61)
 \end{aligned}$$

Dimana: r = jari-jari penampang toroidal, mm

R = jari-jari kelengkungan toroidal, mm

- b. Dari persamaan (10) dapat dilihat bahwa semakin besar perbandingan jari-jari (R/r), semakin tinggi limit tekanan sebuah tanki toroidal. tetapi volume tangki semakin kecil. Untuk memperoleh R/r yang optimum, dilakukan optimasi dengan kriteria limit tekanan dan volume tangki. Optimasi yang dilakukan adalah dengan model tabung tanpa nosel. Tanpa nosel dimaksudkan agar tegangan pada tabung dapat terdistribusi dengan baik tanpa ada *distorsi* tegangan yang diakibatkan oleh pemberian nosel.
- c. Dengan volume yang sama, maka dibuat tangki toroidal dengan merubah penampangnya menjadi eliptik. Dimana luas penampang eliptik adalah

$$L_{\text{eliptik}} = \pi \cdot a \cdot b$$

Maka volume tangki toroidal penampang eliptik menjadi :

$$\begin{aligned}
 V &= L_{\text{Eliptik}} \times 2\pi R \\
 V &= \pi \cdot a \cdot b \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \qquad (62)
 \end{aligned}$$

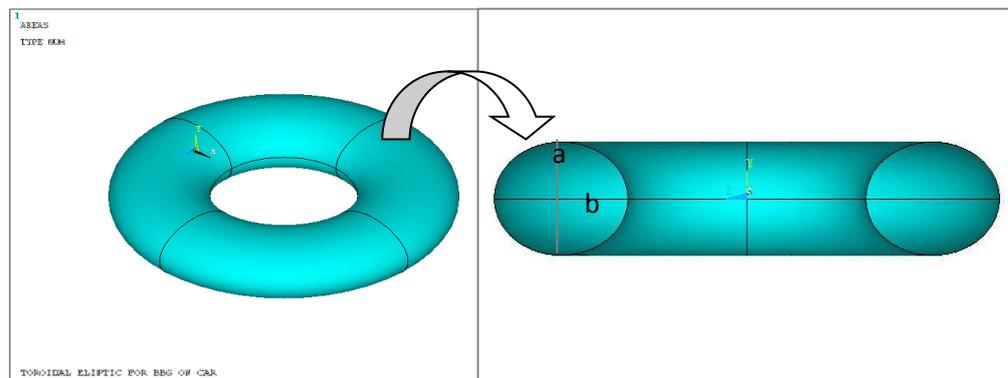
Karena tangki akan diletakkan pada tempat ban cadangan pada mobil, maka ukuran jari-jari tangki harus sesuai, sehingga jari-jari ekstrados harus tetap. Panjang jari-jari ekstrados dipengaruhi oleh besar a . Maka nilai a juga harus tetap. Misalkan nilai $a/b=e$, maka diivariasikan nilai b dengan merubah persamaan menjadi:

$$V = 2 \cdot \pi^2 \cdot b \cdot e \cdot b \cdot R$$

$$b^2 = \frac{V}{2 \cdot \pi^2 \cdot e \cdot R}$$

$$b = \sqrt{\frac{V}{2 \cdot \pi^2 \cdot e \cdot R}} \quad (63)$$

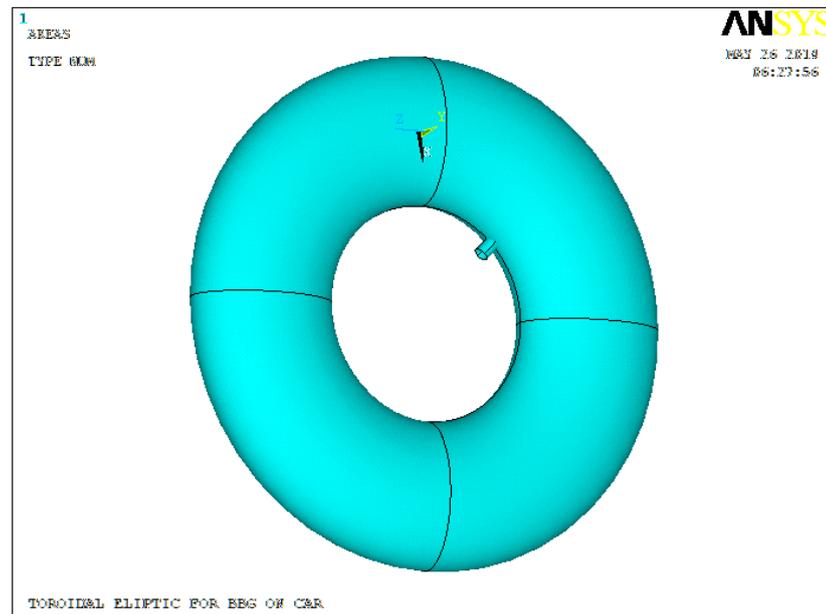
Model tabung toroidal penampang eliptik dan memisalkan perbandingan sumbu eliptiknya (a/b) adalah 1,3 dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Pemodelan Tabung Toroidal Penampang Eliptik

Setelah model tabung toroidal terbentuk, maka selanjutnya dibuat nosel silinder dengan jari-jari toroidal 12,5 mm dan tinggi nosel sebesar 10 mm sesuai dengan nosel tabung gas LPG. Peletakan nosel dianggap paling aman pada posisi intrados dengan pertimbangan keamanan nosel tersebut dari benturan benda asing dan mempermudah peletakan tabung toroidal

ini pada tempat ban cadangan. Arah nosel adalah radial terhadap penampang tabung seperti terlihat pada Gambar 25.



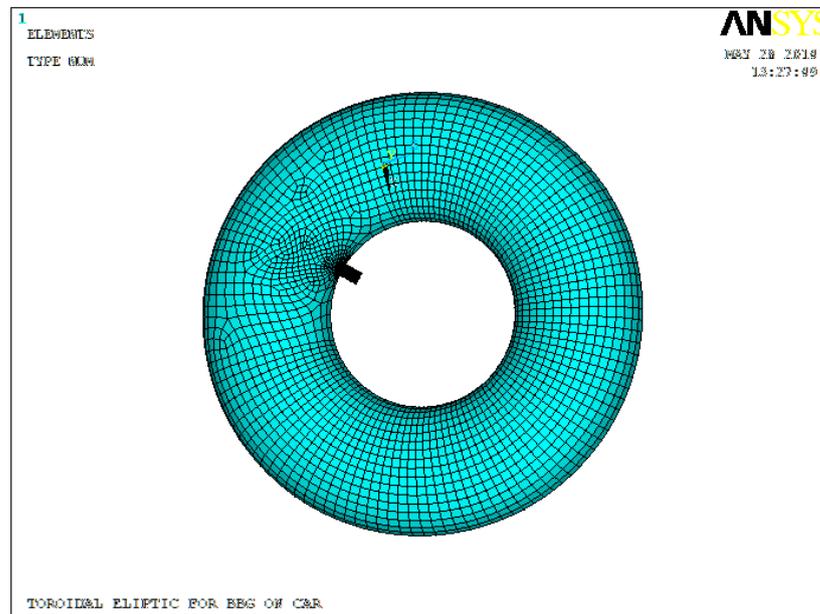
Gambar 25. Tabung toroidal dengan nosel silinder

Setelah tabung toroidal beserta nosel silindernya terbentuk maka tahap pemodelan telah selesai dilakukan dan dapat diteruskan ke tahap selanjutnya. Karena akan dilihat distribusi tegangan dan ekspansi volume pada model toroidal ini maka titik pusat penampang toroidal diambil sebagai titik acuan, sehingga mempermudah perubahan dimensi dari penampang.

D. Pembagian Elemen (*Meshing*)

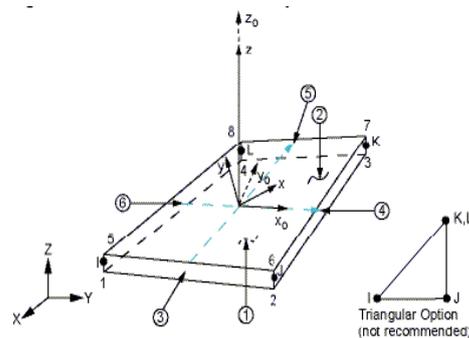
Elemen pada model dibagi dalam dua bidang, yakni longitudinal dan circumferential. Jumlah elemen yang digunakan adalah 120 pada arah

longitudinal dan 36 ke arah keliling penampang. Model tabung toroidal yang telah dibagi elemennya (*meshing*) dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. *Meshing* pada ANSYS

Elemen yang digunakan berupa elemen segiempat dengan tipe elemennya Shell 181. Shell 181 sangat cocok terutama menganalisis struktur shell yang tipis (*thin shell*). Shell 181 adalah elemen empat node dengan enam derajat kebebasan pada setiap node : translasi dalam arah x , y , dan z , dan rotasi terhadap sumbu x , y , dan z . Shell 181 sangat cocok untuk linear, rotasi besar, dan atau regangan aplikasi nonlinier besar . Perubahan ketebalan shell dicatat dalam analisis nonlinear. Kinematika elemen memungkinkan untuk peregangan membran terbatas. Namun, perubahan kelengkungan dalam selisih waktu diasumsikan kecil .Komponen yang terdapat pada Shell 181 dapat dilihat pada Gambar 27.



Top Shell= 5—6--7--8

Bottom Shell = 1-2 -3 -4

x_0 = Element x-axis if ESYs is not provided.

x = Element x-axis if ESYs is provided.

Gambar 27. Komponen Shell 181

E. Penentuan Kondisi Batas dan Pembebanan

Kondisi batas yang digunakan pada model tabung toroidal dan noselnya serta besar nilai pembebanan batasnya yaitu:

1. Beban *internal pressure* yang diberikan dapat diperkirakan dari persamaan (10) yaitu sebagai berikut:

$$P_y = \frac{2\sigma_y t}{r} \left[\frac{\rho-1}{2\rho-1} \right]$$

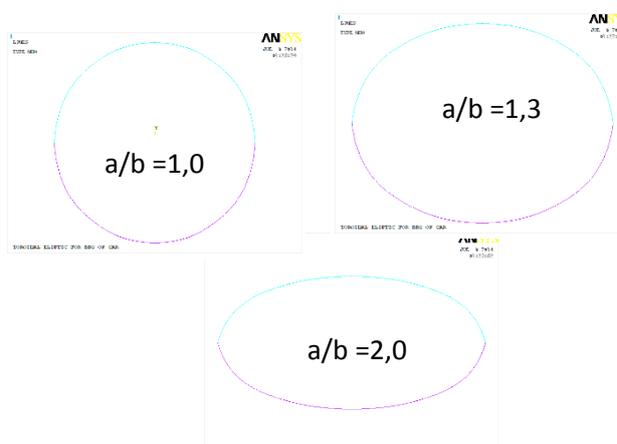
2. Nilai variasi beban *internal pressure* pada program ANSYS dibuat dengan memberikan beban bertahap dan mengatur tingkat pembebanan. Dengan demikian, nilai beban yang bekerja pada shell model sama dengan tingkat pembebanan. Langkah pembebanan dibuat menggunakan perintah DELTIM dengan langkah awal sebesar 1, langkah minimum 0,01, dan langkah maksimum 2. Perintah NLGEOM,ON diberikan untuk memungkinkan terjadinya defleksi yang besar pada material hingga mengalami kegagalan.

F. Solusi

Setelah menentukan kondisi batas, maka selanjutnya dapat dilakukan tahap solusi dengan Analisis Elemen Hingga (*finite element analysis*) secara komputasi untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Analisis nonlinier menggunakan ANSYS perlu diberi perintah `OUTRES,ALL,ALL` pada tahap solusi agar data-data di setiap proses solusi yang dilakukan disimpan di database.

G. Pengambilan dan Pengolahan Data

Setelah proses simulasi dilakukan maka akan didapatkan hasil berupa beban maksimum yang dapat diterima oleh model tabung toroidal dengan nosel. Data yang telah didapat dari komputasi dapat diolah dan ditampilkan baik dalam bentuk tabel, kurva, perubahan kontur model, dan nilai eksak lainnya. Proses simulasi akan dilakukan dengan merubah nilai perbandingan antara sumbu panjang (a) dengan sumbu pendek (b). Contoh nilai a/b yaitu 1,2 , 1,5 ,2,0 dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Contoh penampang toroidal eliptik dengan nilai a/b yaitu

1,0 , 1,3 ,2,0

Nilai-nilai tersebut hanya untuk penampang toroidal. Nilai beban dan tegangan maksimum dari masing–masing simulasi dicatat kedalam tabel dengan format sebagai berikut :

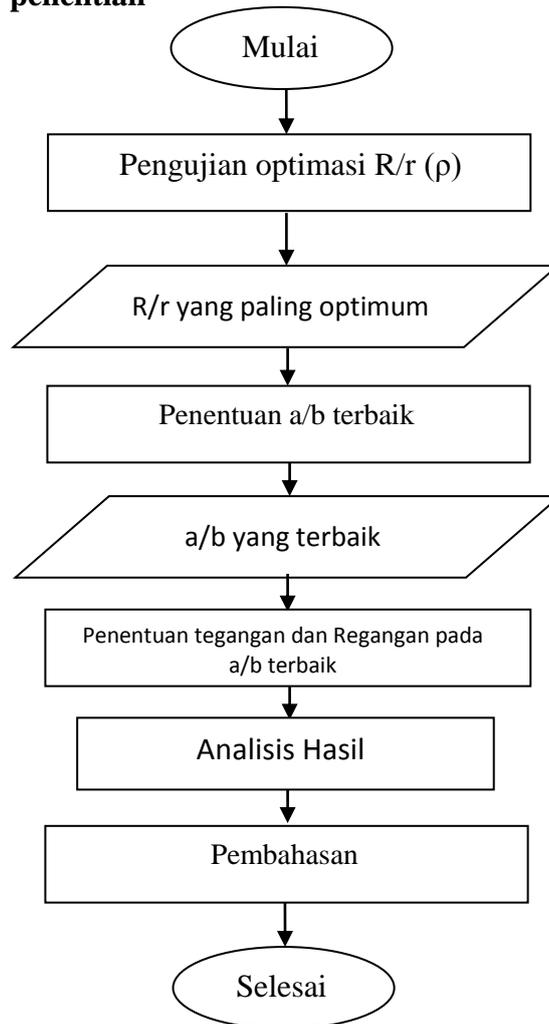
Tabel 4. Tabel optimasi perbandingan jari-jari (R/r)

R/r	PL (Mpa)	Volume (Liter)	PL/Pmax	Volume/V.Max

Tabel 5. Tabel *Limit pressure Maximum* (Tekanan Maksimum)

No.	Perbandingan nilai eliptik (a/b)	<i>Limit Pressure Maximum</i>
1	1,0	
2	1,1	
3	1,2	
4	1,3	
5	1,4	
6	1,5	
7	1,6	
8	1,7	
9	1,8	
10	1,9	
11	2,0	

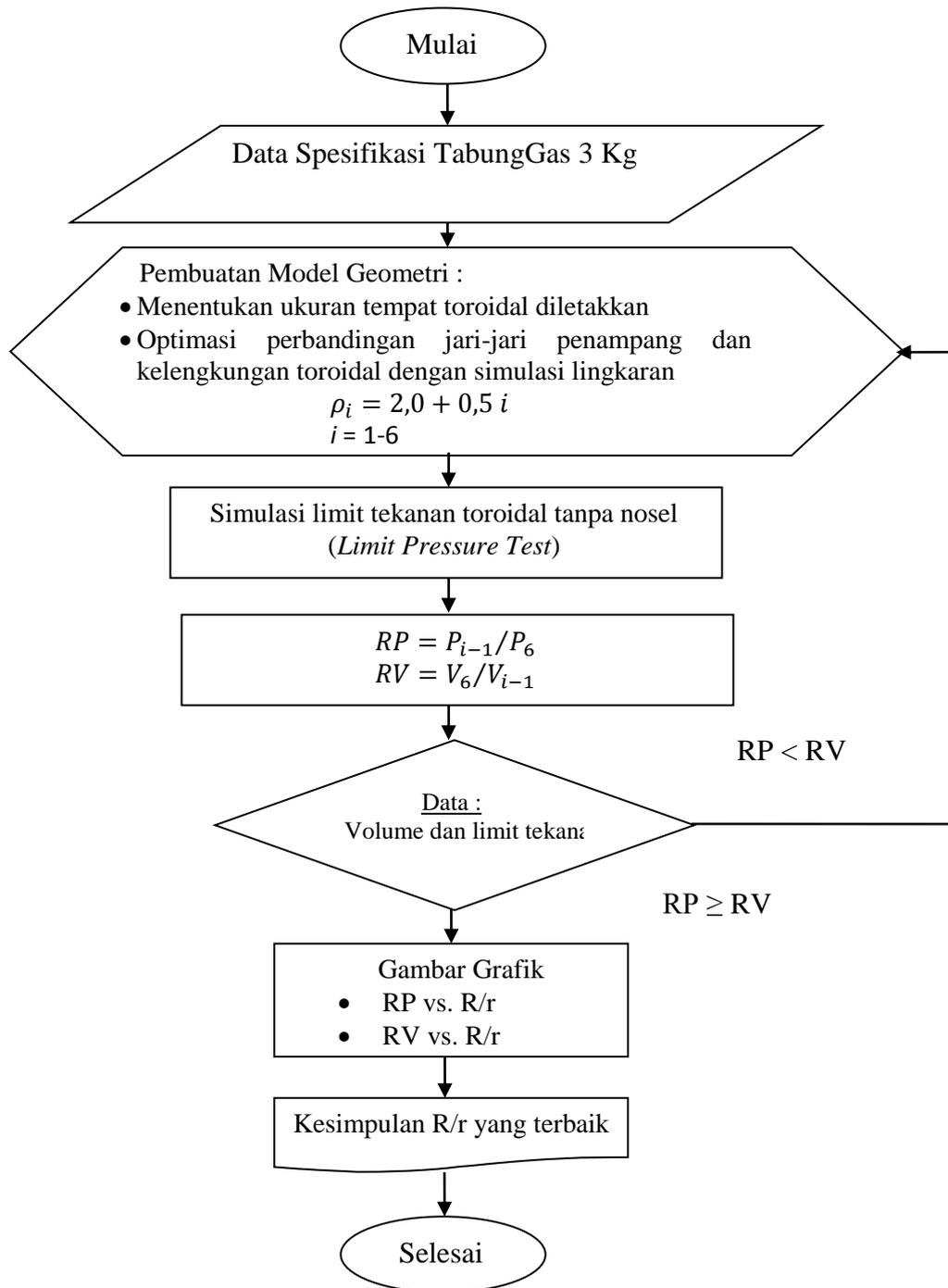
H. Diagram alir penelitian



Gambar 29. Diagram alir penelitian

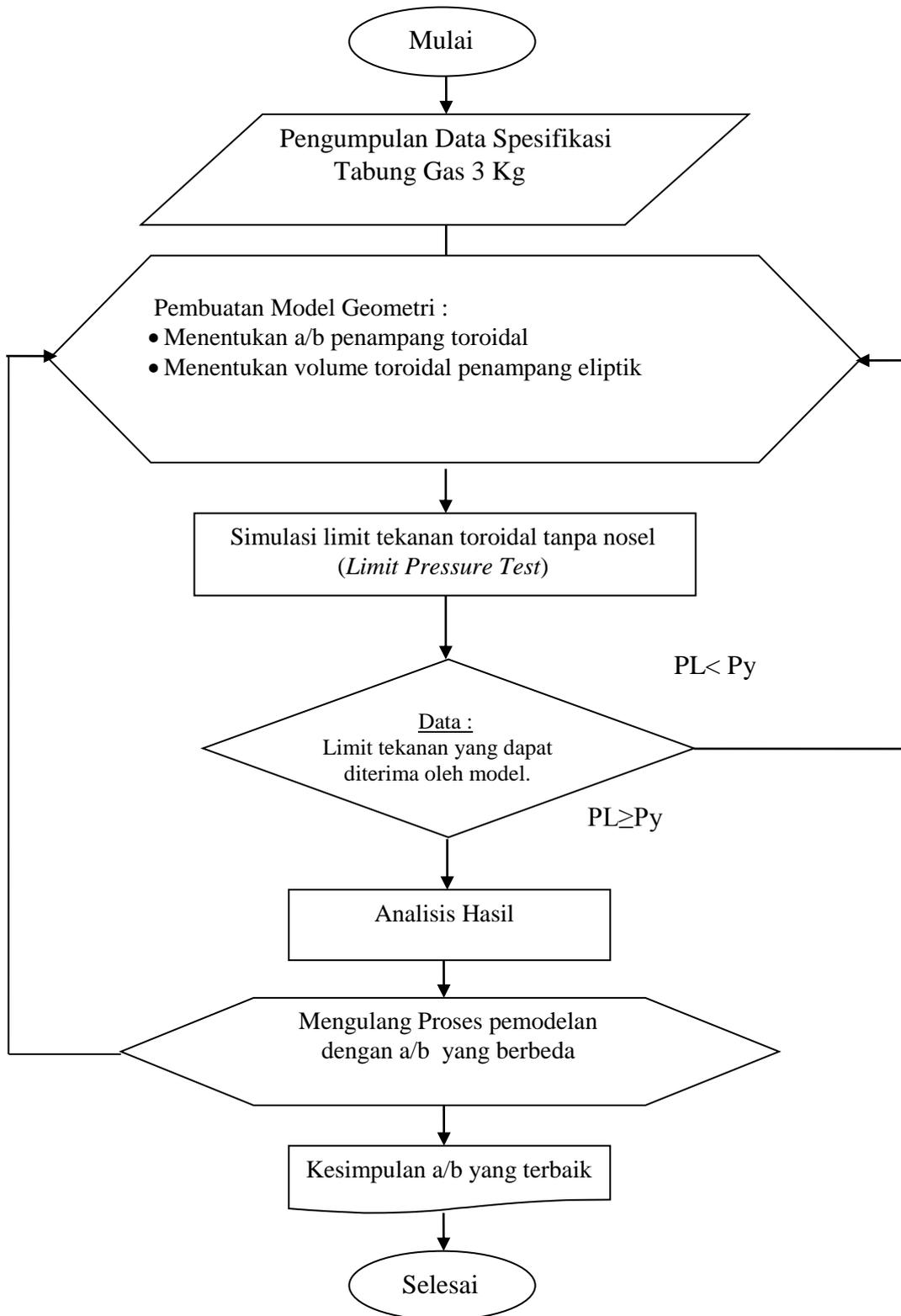
Pada Gambar 29, dapat dilihat alur penelitian tugas akhir yang dilakukan. Pada tahap pertama yang dilakukan adalah optimasi nilai R/r (ρ) terbaik yang akan dimodelkan. Alur optimasi dapat dilihat pada Gambar 30. Langkah kedua adalah penentuan a/b terbaik dari penampang toroidal. Langkah kerja dari penentuan a/b dapat dilihat pada Gambar 31. Langkah terakhir adalah melihat nilai tegangan dan regangan pada model terbaik. Langkah terakhir ini terdapat pada Gambar 32.

I. Diagram alir optimasi ρ

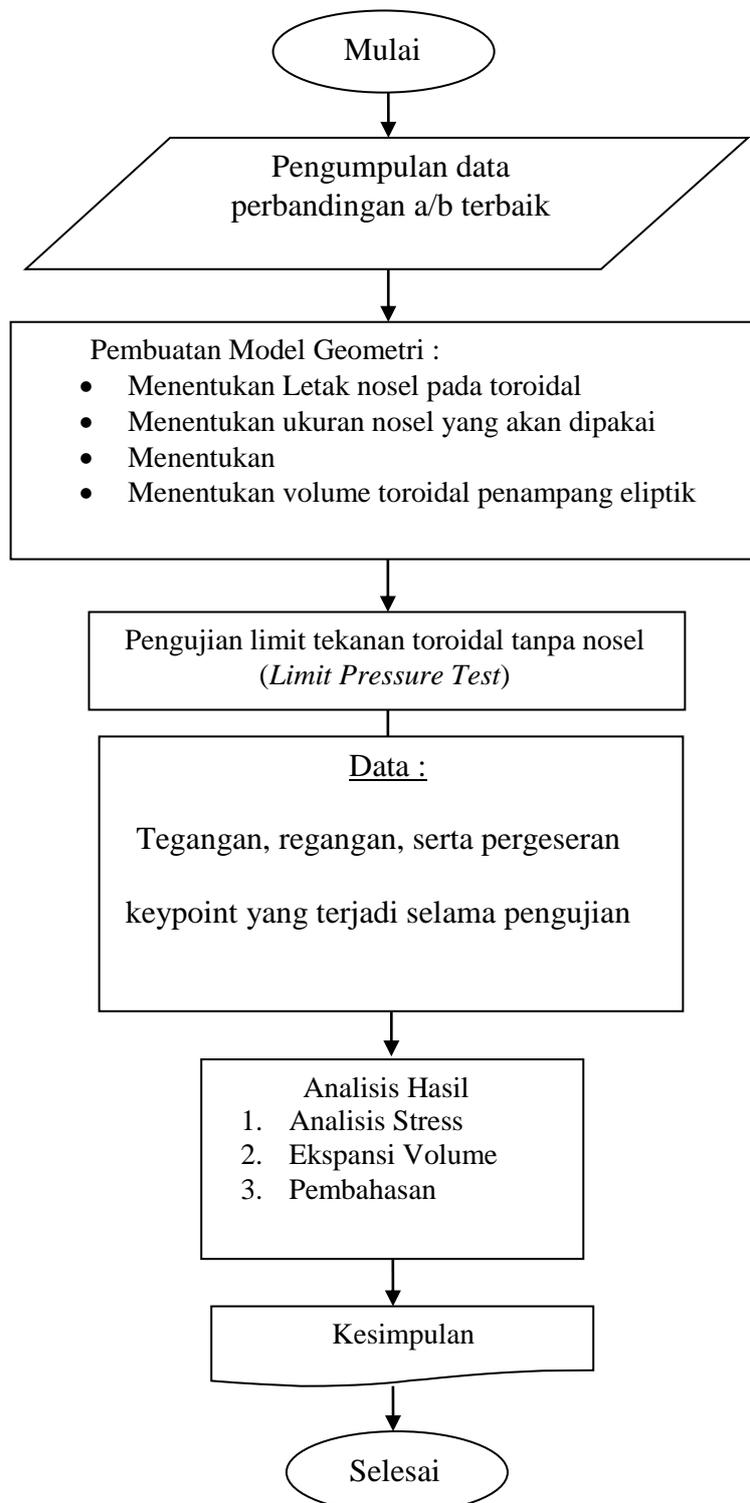


Gambar 30. Diagram Alir (*flow chart*) Penentuan R/r terbaik

J. Diagram Alir Penentuan a/b Terbaik



Gambar 31. Diagram Alir (*flow chart*) Penentuan a/b terbaik

J. Diagram Alir Penentuan Tegangan Dan Regangan Pada a/b Terbaik**Gambar 32.** Diagram Alir (*flow chart*) Penentuan tegangan dan regangan a/b terbaik