

STUDI PERILAKU TANGKI TIMBUN AVTUR TERHADAP BEBAN INTERNAL

**(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN TANGKI TIMBUN AVTUR
KAPASITAS 17.000 KL DI DPPU SOEKARNO-HATTA)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru



Oleh

JAMES IMANTA SEMBIRING
133110497

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**STUDI PERILAKU TANGKI TIMBUN AVTUR
TERHADAP BEBAN INTERNAL
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN TANGKI TIMBUN AVTUR
KAPASITAS 17.000 KL DI DPRD SOEKARNO-HATTA)**

Di susun oleh :

JAMES IMANTA SEMBIRING

133110497

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Harmivati, ST.,M.Si

Pembimbing I


.....

Tanggal :

Sapitri, ST. MT

Pembimbing II


.....

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI PERILAKU TANGKI TIMBUN AVTUR

TERHADAP BEBAN INTERNAL

**(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN TANGKI TIMBUN AVTUR
KAPASITAS 17.000 KL DI DPPU SOEKARNO-HATTA)**

JAMES IMANTA SEMBIRING
133110497

Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal 8 Januari 2020
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Harmiyati, ST., M.Si
Ketua


Sapitri, ST., MT
Sekretaris


Mahadi Kurniawan, ST., MT
Dosen Penguji


Sri Hartati Dewi, ST., M.Si
Dosen Penguji

Pekanbaru, 6 Maret 2020

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK**




Ir. H. Agus Khusnus Zaini, MT., MS, Tr
Dekan

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu), baik di Universitas Islam Riau maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebut nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan *software* komputer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 6 Maret 2020



James Imanta Sembiring

133110497

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Hanya dengan kerendahan hati penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini awalnya dimulai dari kondisi dan sebuah tanggung jawab sebagai seorang mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya di bangku perkuliahan. Kemudian kondisi dan tanggung jawab penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Sipil Strata Satu (S.1) Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Yang Berjudul **“Studi Perilaku Tangki Timbun Avtur Terhadap Beban Internal (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Tangki Timbun Avtur Kapasitas 17.000 KL di DPPU Soekarno-Hatta”**.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Pekanbaru, 7 Januari 2020

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Tugas mandiri ini merupakan proses kerja mandiri sehingga sangat terasa betapa besar arti bantuan dari berbagai pihak dalam pengumpulan data, pencarian literatur dan berbagai bantuan lainnya. Tanpa bantuan dari pihak lain sulit menyelesaikan tugas akhir ini.

Selanjutnya melalui tulisan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati peneliti menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C.L, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kudus Zaini, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Kurnia Hastuti, S.T, M.T, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Muhammad Ariyon, S.T ,M.T, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir Syawaldi, M.Sc, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Dr. Elizar, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Bapak Firman Syarif, S.T., M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau,
8. Ibu Harmiyati, S.T., M.Si, selaku Dosen Pembimbing I.
9. Bapak Augusta Adha, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II

10. Ibu Dra. Hj. Astuti Boer, M.Si, selaku Dosen Penguji.
11. Bapak Mahadi Kurniawan, S.T., M.T, selaku Dosen Penguji.
12. Seluruh Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Kepala Tata Usaha beserta seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
14. Ayahanda Helpin Sembiring dan Ibunda Muliana Kacaribu tersayang, juga kepada kakakku Jane Ferly Sembiring dan adikku Max Finley Sembiring tersayang yang selalu memberikan semangat serta motivasi dan didikannya selama ini, dan tiada hentinya selalu mendo'akanku.
15. Teman-temanku, seluruh angkatan 2013 serta rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Riau yang tidak tersebut namanya, atas bantuan, dan motivasi serta semangat yang diberikan kepada penulis selama ini.
16. Rekan seperjuangan Rizky Amarullah, Yarsino Aryadi, Pahala Siregar, Andri Hartono, Harmonis Emilwa, Nur Kholis, Zulfan, dan yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang senantiasa memberikan dukungan.
17. Buat Pimpinan dan Karyawan PT. Wika Industri dan Konstruksi (Persero) Tbk pada Proyek Pembangunan Tangki Timbun Avtur Kapasitas 17.000 di DPPU Soekarno-Hatta yang sudah memberikan kesempatan melaksanakan kerja praktek dan penelitian Tugas akhir.

Akhir kata penulis mendoa'kan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, semoga segala bantuan moril dan materil serta kebaikan yang telah diberikan mendapat pahala yang berlimpah. Amin.

Pekanbaru, 7 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMAKASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Keaslian Penelitian	5
BAB III LANDASAN TEORI	6
3.1 Perencanaan	6
3.2 Teori Umum Cangkang	6
3.3 Pengertian Tangki Timbun	8
3.4 Jenis-jenis Tangki Timbun	8
3.5 Standar Desain Tangki	13
3.6 Persyaratan untuk Elemen-elemen Tangki	14

3.7 Pembebanan Struktur	17
-------------------------------	----

BAB IV METODE PENELITIAN 18

4.1 Lokasi Penelitian	18
4.2 Jenis Penelitian	18
4.3 Tahapan Penelitian	19
4.4 Cara Analisa Data	23
4.5 Data Struktur Tangki	27

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 28

5.1 Data Umum Perencanaan	28
5.2 Perencanaan Tangki Minyak	28
5.2.1 Pelat Dinding	29
5.2.2 <i>Bottom Pile</i>	31
5.2.3 <i>Annular Plate</i>	31
5.2.4 <i>Roof Plate</i>	32
5.2.5 <i>Top Angle</i>	32
5.2.6 <i>Wind Girder</i>	32
5.3 Pemodelan	32
5.4 Pembebanan	35
5.4.1 Beban Mati	36
5.4.2 Beban Hidup	36
5.4.3 Hidrostatik	37
5.5 <i>Meshing</i> Elemen <i>Shell</i>	38
5.6 <i>Output</i> ANSYS	39
5.7 Analisa.....	40
5.7.1 Analisa Tekanan Akibat Beban Hidrostatik	40
5.7.2 Analisa Perbandingan Deformasi Pelat	41
5.7.3 Analisa <i>Stress</i> yang Dialami Tangki	43

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN47

6.1 Kesimpulan	47
6.2 Saran	48

DAFTAR PUSTAKA	49
-----------------------------	-----------

Lampiran A

Lampiran B

Lampiran C



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Elemen Pelat	7
Gambar 3.2 <i>Supported Cone Roof Tank</i>	10
Gambar 3.3 <i>Self Support Cone Roof Tank</i>	10
Gambar 3.4 <i>Dome Roof Tank</i>	11
Gambar 3.5 <i>Floating Roof Tank</i>	12
Gambar 3.6 Tangki <i>Fixed Cone Roof</i>	12
Gambar 3.7 <i>Umbrella Roof Tank</i>	13
Gambar 3.8 Sketsa <i>Fixed Dome Roof Tank</i>	13
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	18
Gambar 4.2 Gambar Tangki yang ditinjau	19
Gambar 4.3 Bagan Alir Skripsi	22
Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 4.5 Pemodelan Struktur Tangki	27
Gambar 5.1 Pemodelan Tangki dengan ANSYS	33
Gambar 5.2 Pemodelan Tangki 3D dengan ANSYS	34
Gambar 5.3 <i>Define Material</i> pada ANSYS	35
Gambar 5.4 Beban Hidup yang Diberikan pada Atap Tangki	37
Gambar 5.5 Beban Hidrostatik yang Diterima oleh Tangki	38
Gambar 5.6 <i>Meshing</i> Elemen <i>Shell</i>	39
Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Beban Hidrostatik Sesuai Ketinggiannya	41
Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Perubahan Bentuk pada Ketinggian Tertentu Pada Masing-masing Tangki	42
Gambar 5.9 Grafik Perbandingan <i>Stress</i> maksimal yang Dialami Oleh Masing-masing Tangki	44
Gambar 5.10 Grafik Perbandingan <i>Stress</i> minimal yang Dialami Oleh Masing-masing Tangki	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penentuan Ukuran <i>Top Angle</i>	15
Tabel 3.2 Ketebalan <i>Shell Plate</i>	15
Tabel 3.3 Tebal Minimum <i>Bottom/Annular Plate</i>	16
Tabel 4.1 Data Struktur	21
Tabel 5.1 Tebal Pelat Dinding Tangki Sesuai Kenyataan Proyek	29
Tabel 5.2 Tebal Pelat Dinding Tangki Tipe 2 dan 3	30
Tabel 5.3 Tebal Pelat Dinding Tangki Tipe 4	30
Tabel 5.4 Berat Sendiri Masing-masing Tangki	36
Tabel 5.5 Tekanan Akibat Beban Hidrostatik	40
Tabel 5.6 Besar <i>Stress</i> yang Dialami Oleh Tangki	43
Tabel 5.7 Perbandingan Perilaku Masing-masing Tangki	45

DAFTAR NOTASI

- CA : *Corrosion Allowance* (mm)
- D : Diameter tangki (m)
- G : Berat jenis desain dari fluida yang disimpan dalam tangki (kg/m^3)
- g : Gaya gravitasi (m/s^2)
- H : Desain tinggi fluida (m)
- h : Level ketinggian fluida terhadap titik yang ditinjau (m)
- P : Beban hidrostatik
- Sd : Tekanan yang diijinkan untuk kondisi desain (MPa)
- SP : *Shell Plate*
- St : Tekanan yang diijinkan untuk kondisi uji hidrostatik (MPa)
- td : Tebal desain dinding tangki (mm)
- : Berat jenis fluida (kg/m^3)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Perhitungan analisa data
Lampiran B : Gambar
Lampiran C : Surat-surat proses penelitian



**STUDI PERILAKU TANGKI TIMBUN AVTUR TERHADAP BEBAN INTERNAL
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN TANGKI TIMBUN AVTUR KAPASITAS 17.000
KL DI DPPU SOEKARNO-HATTA)**

JAMES IMANTA SEMBIRING
133110497

ABSTRAK

Avtur biasanya disimpan dalam suatu tangki timbun. Adapun penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku dari tangki tersebut akibat beban hidrostatis dari avtur yang ada di dalam tangki. Tangki yang dianalisis sesuai dengan data tangki pada proyek (tangki tipe 1). Dimana perilaku yang akan diteliti adalah *deformation* dan *stress* pada *shell plate* tangki tersebut. Setelah diketahui nilai *deformation* dan *stress* maka akan dilakukan perencanaan dengan ketebalan pelat yang berbeda pada 3 (tiga) model tangki lainnya. Sehingga dari 4 (empat) tipe tangki yang dianalisis didapat tangki yang paling optimum.

Penelitian yang dilakukan terhadap tangki timbun avtur ini dilakukan dengan menggunakan *one foot method* untuk mendesain tangkinya. Sedangkan untuk pelatnya akan dihitung dengan menggunakan metode Khircoff, metode elemen hingganya dihitung dengan bantuan *software* ANSYS 16.0. Setelah didapat nilai perilaku dari tangki tipe1 (tangki sesuai data sebenarnya) maka akan dilakukan penelitian serupa terhadap 3 (tiga) tangki yang direncanakan secara *trial and error*. Ketiga tangki tersebut akan dibuat dengan ketebalan *shell plate* yang lebih kecil, guna mencari tangki yang lebih efisien.

Hasil penelitian ini adalah *shell plate* masing-masing tangki memiliki perilaku yang berbeda. Semakin tinggi level fluida terhadap suatu titik *shell plate* maka semakin besar pula beban hidrostatis yang diterima *shell plate* tersebut. Sehingga *shell plate* bagian bawah akan menerima beban hidrostatis terbesar dan semakin mengecil keatas, sampai pada *shell plate* yang berhubungan dengan atap akan menerima beban hidrostatis mendekati 0 (nol). Penggunaan *ring girder* juga dapat berpengaruh pada penggunaan jumlah material baja. Dimana tangki yang diberikan *ring girder* dapat diperkecil tebal *shell platenya*. Sehingga pada penelitian ini peneliti memilih tangki tipe 4 yang lebih efektif dan efisien terhadap beban internal (fluida jenis avtur) dibandingkan dengan 3 tipe lainnya. Hal ini karena tangki tipe 4 adalah tangki yang memakai material baja paling sedikit karena hanya memiliki berat total sebesar 196.9 ton. Dan mendapat nilai *stress* maksimal yang paling kecil dibandingkan dengan 3 tipe lainnya, yaitu sebesar 308.92 kPa dan *deformation* sebesar 5,17 mm yang lebih kecil dari *deformation* pada tangki tipe 1

Kata kunci : *Deformation*, metode Krichoff, *one foot method*, *shell plate*, *stress*, tangki timbun.

**CHARACTERISTIC STUDY OF AVTUR STORAGE TANK TOWARDS
INTERNAL LOAD
(CASE STUDY OF AVTUR STORAGE TANK CONSTRUCTION PROJECT
17,000 KL CAPACITY AT DPPU SOEKARNO-HATTA)**

**JAMES IMANTA SEMBIRING
133110497**

ABSTRACT

Usually avtur are stored in a storage tank. The tank analyzed according to tank data on the project (tank type 1). This research is to understand the properties and characteristics of the tank under constraint of hydrostatic load subjected from Avtur inside the tank. In which the analysed behaviour inside the tank include static deformation and shell plate stresses. Having found the results will proceed to the next plan of switching three different plates on other tank models, optimizing research in finding most suitable tank. So that of the 4 tank types analyzed, the most optimum tank is obtained.

Research done onto Avtur tank using one foot method. The plate will be measured using Khircoff element method, using finite element software calculation ANSYS 16.0. After finding the characterised effect from Tank1 (results bound) then similar research onto three different tanks will be continued by trial and error method. Third tank will be designed using thinner shell plate to find more efficient tank.

The results of this research are each shell plate has different characteristic. The higher the fluid level onto a shell plate thus the larger its hydrostatic load received by the shell plate. Thus lower shell plate will receive highest hydrostatic load and lower with increasing level, reaching toroof connected shell plate that is able to withstand 0 (zero) level hydrostatic load. Ring girder can also affect with relation to the amount of steel, where tanks provided with the ring canhave the shell plate thickness reduced. In this scenario, researcher choose the 4th tanks that is more effective and efficient withstanding internal load (Avtur fluid) compared to three other types. This is due to number four tank uses lower amount of steel, due to its total weight of 196,9 tons. It also receives greater maximum stress compared to three other types, which is 308.92 kPa and lower deformation of 5.17 mm then in tank Type 1.

Keyword: Deformation, Kirchoff method, one foot method, shell plate, stress, storage tank.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan avtur terus meningkat seiring meningkatnya industri penerbangan. Akibat tingginya ketergantungan tersebut memaksa pemerintah dan pihak swasta untuk menjaga ketersediaan avtur. Oleh karena itu, maka dibutuhkan tempat sebagai penampung sementara minyak sebelum diolah dan didistribusikan ke pihak konsumen.

Avtur pada umumnya disimpan pada suatu tangki. Pada umumnya, tangki ini berbentuk silindris yang memiliki diameter besar (tergantung kapasitas avtur yang disimpan di dalamnya). Sebelum dilakukan pembangunan tangki harus melewati fase perencanaan terlebih dahulu, yang akan disesuaikan dengan kebutuhan dan jenis/tipe minyak yang akan disimpan.

Menjawab kebutuhan akan tangki penampung Avtur, maka Pertamina membangun sebuah tangki Avtur baru dengan kapasitas 17.000 KL. Dimana WIKA Industri-Konstruksi sebagai kontraktor yang merencanakan dan membangun tangki tersebut.

Penelitian ini akan menganalisis tangki timbun terhadap beban fluida yang ada didalamnya, yaitu fluida jenis avtur. Oleh karena itu, tangki pada penelitian ini akan didesain sesuai dengan standar yang dipakai, yaitu API 650. Analisis akan dilakukan pada masing-masing tipe tangki. *Shell plate* masing-masing tangki akan dianalisis secara elemen hingga dengan metode Khircoff-Love. Dengan untuk ketebalannya akan menggunakan metode *One foot method*.

Perilaku dari tangki timbun yang sesuai dengan kenyataannya yang disebut sebagai tangki tipe 1 telah diketahui. Maka selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap 3 tipe tangki lain. Yang mana tangki-tangki tersebut akan dibuat sedemikian rupa secara *trial and error*. Dimana tangki tipe 2 dan 3 akan direncanakan memiliki ketebalan pelat yang sama, namun akan diberikan *ring girder* pada tangki tipe 3, sedangkan tangki tipe 2 tidak diberi *ring girder*. Dan

tangki tipe 4 juga akan direncanakan dengan ketebalan pelat yang berbeda dari tangki tipe 1, 2, dan 3.

Kepada semua jenis tangki tersebut akan dianalisis perilaku tangki timbun tersebut. Dimana akan dicari bagaimana *deformation* yang dialami oleh masing-masing tangki. Dan juga akan dicari nilai *stress* dari setiap tangki tersebut. Khususnya akan dilihat pada *shell plate* (pelat cangkang) bagaimana *deformation* (perubahan bentuk) dan *stress* (tegangan) yang dialami. Karena *shell plate* (pelat cangkang) masing-masing tangki akan berbeda, maka *deformation* dan *stress* juga akan berbeda.

Melihat belum ada analisis mengenai studi perilaku beban internal, yang dalam hal ini adalah avtur terhadap tangki, maka penulis menganalisis studi perilaku tangki timbun akibat beban internal. Maka penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan tangki timbun avtur 17.000 KL di DDPU Soekarno-Hatta.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku dari struktur tangki Avtur terhadap kekuatannya bila diberikan beban internal berupa fluida (avtur) sesuai dengan standar yang berlaku?
2. Apa yang dilakukan setelah mengetahui perilaku struktur yang ditinjau terhadap beban internal yang diberikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari permasalahan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perilaku berupa *deformation* dan *stress* dari tangki avtur terhadap fluida (avtur) di dalamnya.
2. Melakukan percobaan pada tangki dengan *shell plate* (pelat cangkang) yang berbeda dengan tangki sebenarnya.
3. Menentukan tipe tangki yang paling optimum dari antara 4 (empat) tipe tangki yang dianalisis.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui studi perilaku tangki akibat beban internalnya, khususnya fluida jenis Avtur, sehingga bisa jadi pertimbangan bagi perencana dan pengelola untuk memilih jenis tangki dan material untuk mendapatkan sebuah tangki yang efisien.
2. Melakukan optimasi dengan merencanakan tangki dengan *shell plate* yang lebih tipis, sehingga dapat menghemat penggunaan pelat baja.
3. Bagi perencana dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan *shell plate* bangunan tangki.

1.5 Batasan Masalah

1. Standar untuk menganalisis adalah “*Welded Steel Tank for Oil Storage API 650th edition*”
2. Perilaku struktur dianalisis adalah berdasarkan beban internal yaitu avtur
3. Material yang digunakan adalah baja yang sesuai dengan yang digunakan pada bangunan sebenarnya,
4. Tangki yang didesain adalah tangki jenis *Fixed Dome Roof Tank* (dapat dilihat pada Gambar 3.8 di halaman 13)
5. Analisis elemen hingga menggunakan metode Khirchoff-Love
6. Analisis *Shell Plate* menggunakan metode *One foot method*.
7. Analisis struktur FEM menggunakan bantuan *software*, yaitu ANSYS 16.0
8. Tidak meneliti beban eksternal seperti beban angin dan beban gempa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Penelitian tentang studi perilaku struktur terhadap beban internalnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Berbagai macam metode digunakan untuk menghitung perilaku dari struktur tersebut, baik dengan cara manual dan bantuan *software* untuk mempermudah perhitungan bagi peneliti.

Berbagai penelitian tentang studi perilaku struktur yang telah dilakukan terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, maka dalam hal ini penulis melakukan penelitian berdasarkan studi pustaka terhadap hasil penelitian yang ada dan literatur yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.2 Penelitian Terdahulu

Fathoni (2011) pada penelitian yang berjudul, “*Studi Perilaku Tangki Minyak Pelat Baja Terhadap Beban Internal dan Beban Seismik*”. Melihat kebutuhan minyak bumi terus meningkat seiring berjalan waktu. Sehingga dibutuhkan tempat sebagai penampung sementara minyak sebelum nantinya diolah atau didistribusikan memenuhi kebutuhan pasar. Sehingga pada penelitian tersebut, Fathoni membuat penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perilaku dari berbagai tangki minyak sehingga dapat memilih tangki minyak mana yang aman, kuat dan ekonomis. Pada penelitian tersebut, penulis membuat penelitian dengan *one foot method* Tangki yang didesain melebar lebih ekonomis dari segi jumlah material dinding baja yang digunakan jika dibandingkan dengan tangki yang lain pada volume yang sama. Tangki yang didesain melebar memiliki gaya dalam maksimum yang lebih kecil dibandingkan dengan yang lain dengan volume yang sama. Tangki yang didesain vertikal/meninggi menghasilkan lendutan maksimum pada dinding sehingga pada daerah gempa yang besar akan membutuhkan material yang lebih besar. Perbandingan tinggi dan diameter tangki harus dipertimbangkan dikarenakan tidak selalu tersedia lokasi yang cukup luas,

ada kalanya suatu tempat dimana kita akan membangun tangki merupakan daerah yang sempit sehingga harus membangun tangki yang menjulang keatas/meninggi.

Atrasani dkk (2017) pada penelitian mereka yang berjudul “*Desain dan Pemodelan Pada Storage Tank Kapasitas 50.000 KL (studi kasus PT. Pertamina Region V TBBM Tuban)*”. Penggunaan tangki timbun sebagai media penampung hasil produksi dan bahan baku dirasa menjadi poin penting keberadaanya dalam suatu industri. Pada penelitian ini berdasarkan API 650 untuk pemilihan meterial, perhitungan *shell*, *roof*, *annular bottom*, dimana dalam penelitian ini menggunakan metode *One Foot Methode*. Menggunakan peraturan API dengan bermodalkan data utama tangki, maka didapatkanlah nilai-nilai dari *shell*, *annular bottom*, *roof*, nilai momen akibat gempa dan angin. Setelah didapatkan nilai tersebut, maka dicek terhadap kekuatan tangki. Maka didapat kesimpulan, bahwa tangki kuat terhadap beban akibat gempa dan angin sehingga tangki tidak perlu ditambah *anchorage*.

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah lokasi penelitian ini dilakukan pada tangki timbun avtur di DPPU (Depot Pengisian Pesawat Udara) Soekarno-Hatta dengan diameter tangki yang berbeda dan jenis fluida yang berbeda dimana pada penelitian ini hanya menganalisa perilaku tangki terhadap jenis fluida avtur dengan tangki berdiameter 39,01 meter.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan

Perencanaan atau perancangan merupakan suatu fase yang terjadi sebelum konstruksi berlangsung. Tujuan perencanaan adalah untuk mendapatkan suatu struktur yang memenuhi persyaratan desain yang benar.

Secara umum, ada tiga kriteria utama dalam perancangan suatu struktur. Yang pertama adalah keamanan. Struktur yang kita rancang harus mampu memikul beban yang telah kita perkiraan akan membebani struktur tersebut tanpa kelebihan tegangan pada materialnya. Yang kedua adalah kriteria kenyamanan. Biasanya kriteria ini ditinjau dari segi deformasi atau lendutan yang terjadi harus sesuai dengan peraturan yang diijinkan. Karena sering kali sebuah struktur mengalami deformasi yang cukup besar namun secara kekuatan struktur tersebut masih mampu memikul bebannya. Kriteria yang ketiga adalah ekonomis. Struktur sedapat mungkin kita rancang dengan biaya yang efisien dan ekonomis.

Ketiga kriteria utama ini berhubungan satu dengan yang lainnya dengan prioritas yang beruntun dari kriteria pertama hingga ketiga. Namun belakangan ini banyak pihak yang mendahulukan kriteria ketiga dengan alasan modal terbatas, tanpa memikirkan kriteria yang lain seperti keamanan dan kenyamanan. Kriteria lain yang perlu diperhatikan juga adalah metode konstruksi, yaitu kemudahan dalam pelaksanaan sehingga mempengaruhi masa konstruksi. Sedangkan jika kita meninjau perancangan sebuah tangki minyak, maka hal lain yang tidak kalah penting adalah merencanakan sistem oprasional dan pendistribusian barang disaat penggunaannya nanti.

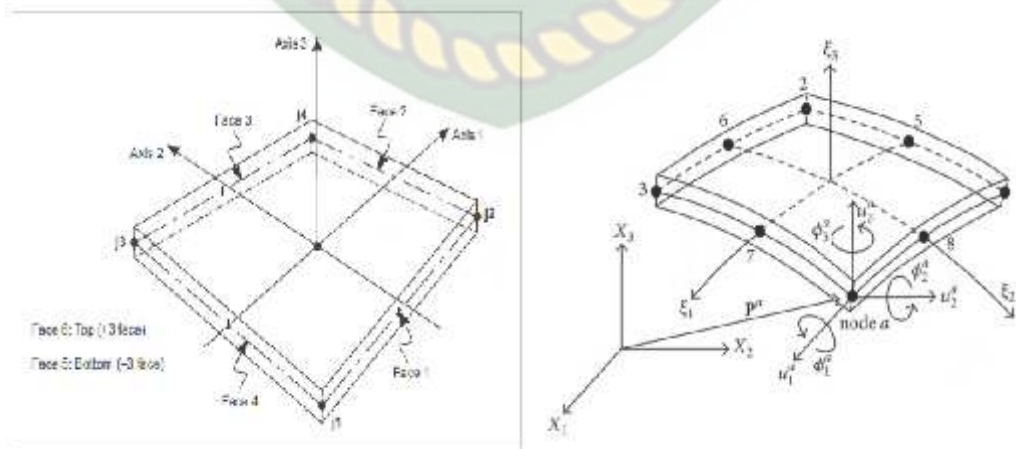
3.2 Teori Umum Cangkang

Dalam penerapan praktis, sering kita hadapi permasalahan cangkang silindris yang bundar dan mengalami pembebanan yang merata terhadap sumbu silindris. Contohnya adalah distribusi tegangan pada ketel uap, tegangan pada

tabung silindris yang memiliki sumbu vertikal dan tekanan yang dialami sebuah tangki yang didalamnya terdapat fluida yang disimpan dalam jangka waktu tertentu.

Dalam teori klasik, terdapat dua teori utama mengenai plat, yaitu teori Kirchoff-Love dan teori Reissner-Mindlin. Teori Kirchoff-Love menyatakan bahwa perubahan bentuk pada plat terjadi sedemikian rupa sehingga garis lurus, yang semula tegak lurus bidang pusat plat, tetap berupa garis lurus dan tetap tegak lurus bidang. Dengan demikian, teori Kirchoff-Love hanya berlaku untuk plat tipis (*thin shell*), yaitu plat dengan rasio $\frac{L}{H} < 20$, dimana deformasi akibat gaya geser transversal dapat diabaikan. Dilain hal, teori Reissner-Mindlin berlaku untuk plat tebal (*thick shell*) dengan rasio $4 < \frac{L}{H} < 20$, dimana deformasi akibat gaya geser transversal tidak lagi dapat diabaikan (Rahim S.A Dkk, 2014). Formulasi teori plat yang digunakan untuk menggambarkan perilaku dari struktur cangkang tangki timbun pada penelitian ini menggunakan teori Kirchoff-Love.

Penyusunan elemen *Shell* ditentukan dari titik nodal yang dihubungkan. Jika dipakai empat nodal (j_1, j_2, j_3, j_4) jadilah elemen quadriateral (segi empat). Sedangkan jika tiga titik nodal dihubungkan (j_1, j_2, j_3) maka jadilah elemen triangular (segi tiga). Adanya dua bentuk elemen tadi akan memungkinkan elemen-elemen yang digunakan dalam pembuatan model struktur 2D dapat saling terhubung pada nodal-nodalnya.



Gambar 3.1 Elemen Pelat (Unknown,2018)

3.3 Pengertian Tangki Timbun

Tangki timbun (*Storage Tank*) adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan produk minyak sebelum didistribusikan kepada konsumen. Tangki timbun ini biasanya berukuran sangat besar dan digunakan untuk tekanan rendah. Di dalam suatu *refinery*, tangki memiliki desain yang beranekaragam berdasarkan fungsinya atau jenis fluida yang ditampungnya.

3.4 Jenis-Jenis Tangki Timbun

Storage tank atau tangki timbun dapat memiliki berbagai macam bentuk dan tipe. Tiap tipe memiliki kelebihan dan kekurangan serta kegunaannya sendiri.

1. Berdasarkan Letaknya

Berdasarkan pada letaknya, tangki dibagi menjadi beberapa tipe.

A. Aboveground Tank

Yaitu tangki penimbun yang terletak di atas permukaan tanah. Tangki ini sering dipergunakan untuk menyimpan minyak (*fuel oil*) dan cairan yang mengandung *chemical*. Tangki penimbun ini bisa berada dalam posisi horizontal dan dalam keadaan tegak (*vertical tank*). Dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan cara perletakan di atas tanah, yaitu tangki di permukaan tanah dan tangki menara.

Ciri-ciri yang membedakan jenis tangki menara dengan tangki di permukaan tanah adalah bentuk bagian bawah tangki. Seperti yang telah tercatat dalam peraturan, bentuk bagian bawah tangki menara adalah bentuk revolusi sebuah bentuk cangkang yang tidak sempurna, ataupun kombinasi dari bentuk cangkang tersebut. Desain tangki dengan bagian bawah rata untuk tangki menara tidak akan memberikan hasil yang baik, dengan melihat bahwa bentuk dasar yang demikian akan menyebabkan dibutuhkannya balok penopang yang besar untuk menahan tekuk.

B. Underground Tank

Yaitu tangki penimbun yang terletak di bawah permukaan tanah. Tangki ini pada umumnya dipergunakan untuk menyimpan bahan bakar minyak (BBM) di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).

2. Berdasarkan Bentuk Atapnya

Berdasarkan bentuk atapnya juga tangki akan terbagi menjadi beberapa tipe.

A. *Fixed Roof Tank*

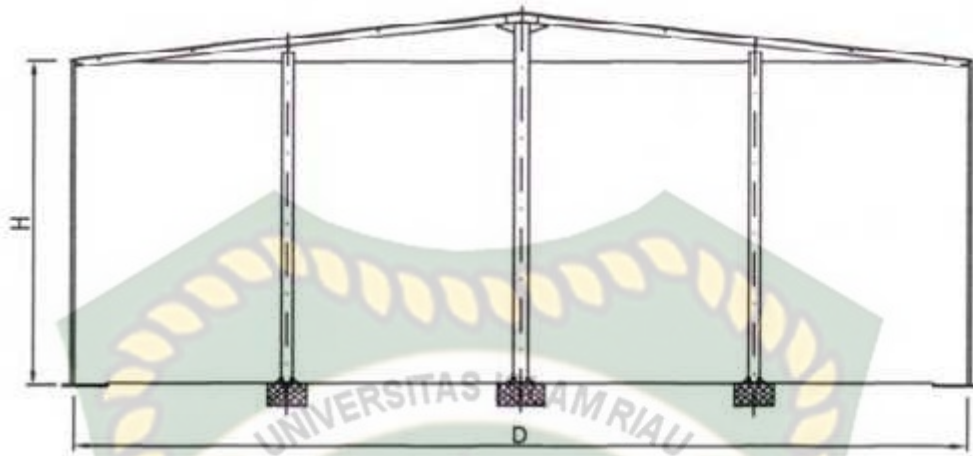
Tangki jenis *fixed roof tank* adalah tangki silinder dengan konfigurasi atapnya bersatu dengan dindingnya. Dari bentuk roofnya dapat berbentuk *cone* (kerucut), atau *dome* (kubah). Tangki ini biasanya digunakan untuk fluida bertekanan rendah.

a. *Cone Roof*

Jenis tangki penyimpanan ini paling sering digunakan untuk menyimpan fluida yang tidak terlalu volatil. mempunyai kelemahan, yaitu terdapat vapor space antara ketinggian cairan dengan atap. Jika vapor space berada pada keadaan mudah terbakar, maka akan terjadi ledakan. Oleh karena itu *fixed cone roof tank* dilengkapi dengan vent untuk mengatur tekanan dalam tangki sehingga mendekati tekanan atmosfer. Terdapat dua jenis *Cone Roof tank* berdasarkan jenis penyangga atapnya :

i. *Supported Cone Roof Tank*

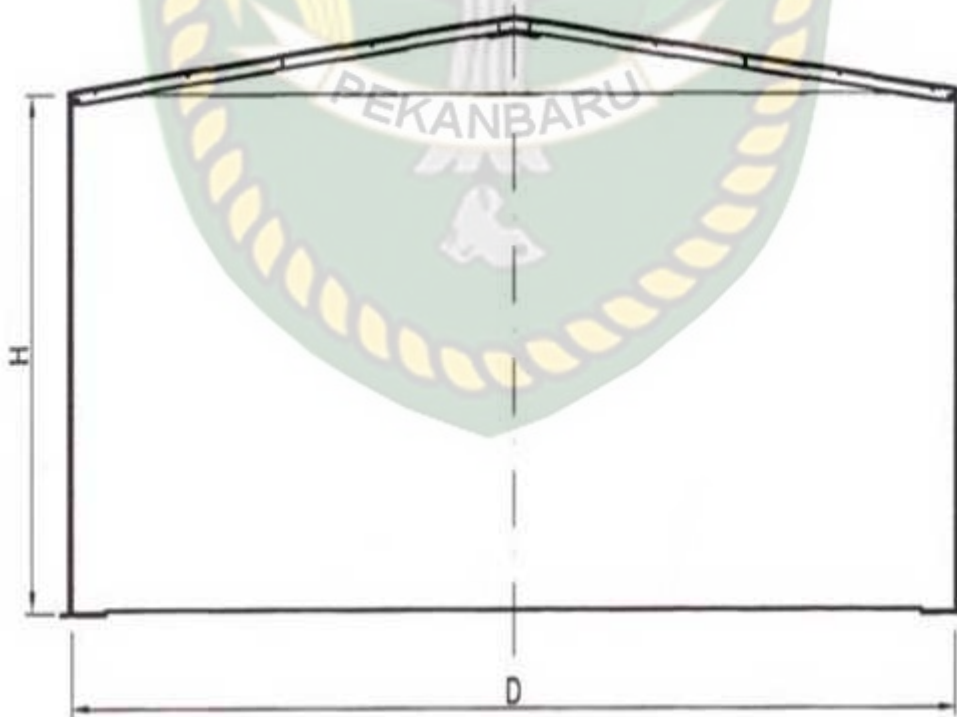
Suatu atap yang berbentuk menyerupai konus dan ditumpu pada bagian utamanya dengan rusuk di atas balok penopang ataupun kolom, atau oleh rusuk di atas rangka dengan atau tanpa kolom. Pelat atap didukung oleh rafter pada girder dan kolom atau oleh rangka batang dengan atau tanpa kolom.



Gambar 3.2 *Supported Cone Roof Tank* (Dicky, 2017)

ii. *Self-Support Cone Roof Tank*

Atap yang berbentuk menyerupai konus dan hanya ditopang pada keliling konus. Atap langsung ditahan oleh dinding tangki (*shell plate*).



Gambar 3.3 *Self Support Cone Roof Tank* (Dicky, 2017)

b. *Dome Roof*

Atap yang dibentuk menyerupai permukaan bulatan dan hanya ditopang pada keliling kubah yang biasanya digunakan untuk menyimpan cairan kimia yang bersifat volatil pada tekanan rendah. Tutup tangki jenis ini berbentuk cembung.



Gambar 3.4 *Dome Roof Tank* (Dicky, 2017)

B. *Floating Roof Tank*

Yaitu tangki dengan atap terapung, atap tangki dapat bergerak keatas dan kebawah sesuai dengan tinggi permukaan cairan di dalam tangki pada saat itu. Disekeliling atap tangki di lengkapi dengan perapat (*seal*) untuk menahan uap minyak yang keluar melalui sela-sela diantara atap dengan dinding tangki.



Gambar 3.5 *Floating Roof Tank* (Johan Sinaga, 2016)

3. Berdasarkan Tekanannya (*Internal Pressure*)

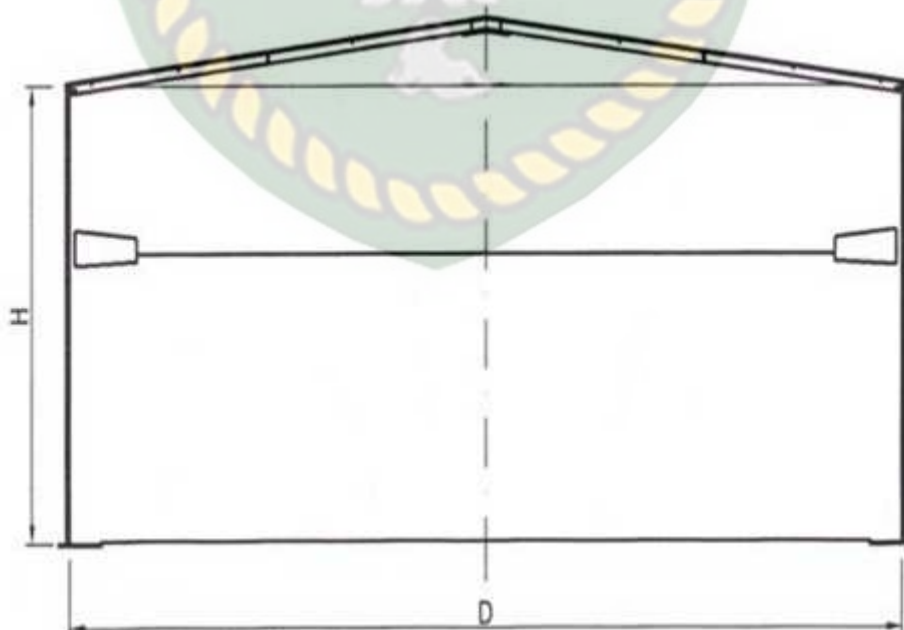
Tangki terdiri dari beberapa tipe berdasarkan tekanan yang akan diterima.

A. Tangki Atmosferik

Terdapat beberapa jenis tangki timbun tekanan rendah, yaitu :

a. *Fixed Cone Roof Tank*

Digunakan untuk menimbun atau menyimpan berbagai jenis fluida dengan tekanan uap rendah atau sangat rendah (mendekati atmosfer) atau dengan kata lain fluida yang tidak mudah menguap.



Gambar 3.6 Gambar tangki *fixed cone roof* (Dicky, 2017)

b. *Umbrella Tank*

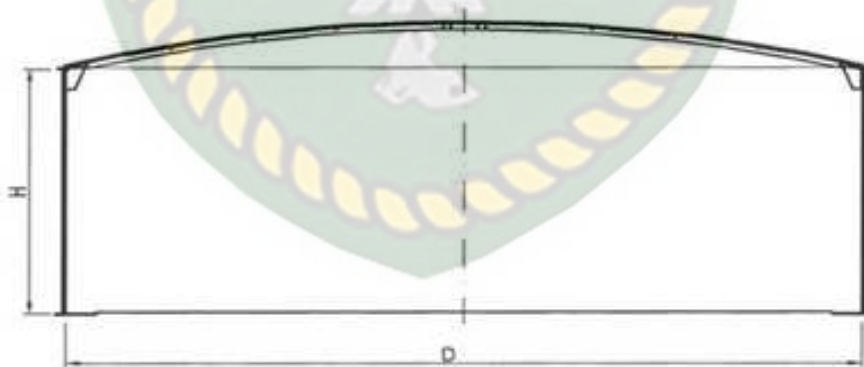
Memiliki kegunaan yang sama dengan *fixed cone roof tank*. Bedanya adalah bentuk atapnya yang melengkung dengan titik pusat berada di puncak tangki.



Gambar 3.7 *Umbrella Roof Tank* (Dicky,2017)

c. *Fixed Dome Roof*

Tangki yang biasanya digunakan untuk menyimpan bahan kimia yang mempunyai kualifikasi tekanan dalam penyimpanan, dapat menggunakan tangki bertekanan (*pressure tank*)



Gambar 3.8 Sketsa *Fixed Dome Roof Tank* (Dicky,2017)

3.5 Standar Desain Tangki

Berikut merupakan peraturan-peraturan yang dipakai dalam merancang sebuah tangki baja penimbun minyak.

- a. Perencanaan tebal *Shell Plate, annular plate, bottom plate, rafter, girder* dan kolom sesuai dengan “*Welded Steel Tank for Oil Storage API 650 12th edition, Addendum 2, November 2013*”
- b. Peraturan pembebanan mengacu pada “*Welded Steel Tank for Oil Storage API 650 12th edition, Addendum 2, November 2013*”

3.6 Persyaratan untuk Elemen-elemen Tangki

Material yang dipakai dalam mendesain tangki ini adalah material yang direkomendasikan oleh API 650 yang secara kekuatan dan komposisinya telah sesuai dengan standar. Mengacu pada website Krakatau Steel, bahwa jenis material yang digunakan dalam struktur sebuah pelat adalah A283. Sedangkan dalam API 650 grade yang disebut adalah grade C. maka ditarik kesimpulan bahwa material yang digunakan adalah A283 grade C untuk pelat. Namun untuk struktur pendukung tetap menggunakan material A36.

Roof Plate merupakan pelat yang menyusun bagian atap dengan ketebalan minimum pelat atap adalah 6 mm (API 650 pasal 5.1.3.6). Ketebalan yang melebihi nilai ini biasanya digunakan untuk *self supporting roofs*. Sedangkan untuk kemiringan atap, tidak lebih dari 19 mm dalam 300 mm atau lebih sesuai dengan keinginan pemilik.

Rafter and Girder terbuat dari profil baja yang merupakan rangka atap tangki. *Rafter* harus sedemikian rupa hingga pada *outer ring* jarak *rafter* tidak lebih dari 0.6π m di sepanjang keliling tangki. Sedangkan jarak *rafter* pada *inner ring* tidak lebih dari 1.7 m. *Girder* merupakan pelat pengaku yang diberikan pada level tertentu yang bertujuan mengikat tangki tersebut.

Top angle terbuat dari profil siku yang menempel pada sisi sebelah atas *course shell plate* teratas. Kegunaan *top angle* adalah untuk memperkaku *shell plates*. Untuk tangki dengan atap tertutup, ukuran *top angle* tidak berdasarkan beban angin tetapi berdasarkan jenis atap yang akan direncanakan. Dimana atap diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu *supported and self supported*. Menurut API 650 pasal 5.1.5.9 point e, ukuran *top angle* tidak kurang dari mengikuti ukuran berikut:

Tabel 3.1 Penentuan ukuran *top angle*

Diameter Tangki (D)	Ukuran Min. Top Angle (mm)
D ≤ 11 m, (D ≤ 35 ft)	50 x 50 x 5
11 m < D ≤ 18 m, (35 ft < D ≤ 60 ft)	50 x 50 x 6
D > 18 m, (D > 60 ft)	75 x 75 x 10

(Sumber : API 650 12th Edition)

Ketebalan pelat dinding yang digunakan sebaiknya lebih besar dari ketebalan dinding rencana, termasuk penambahan korosi atas ketebalan berdasarkan tes hidrostatis. Tetapi ketebalan dinding tidak boleh kurang dari yang disyaratkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.2 Ketebalan *Shell Plate*

Diameter Tangki (D)	Tebal Minimal Pelat Dinding (mm)
D < 15 m, (D < 50 ft)	5
15m < D ≤ 36m, (50ft < D ≤ 120 ft)	6
36m < D ≤ 60m, (120ft < D ≤ 200 ft)	8
D > 60 m , (D > 200 ft)	10

(Sumber : API 650 12th Edition)

Perhitungan *shell plate* dilakukan dengan metode *One Foot*, yaitu menghitung tebal *shell* pada titik peninjauan satu kaki di atas dasar atau alas masing-masing bagian *shell*. Rumus perhitungan tebal *shell plate* menurut API 650 pasal 3.6.3.2 berdasarkan cairan yang direncanakan untuk mengisi tangki tersebut.

$$t_d = \frac{4.9D(H-0.3)G}{S} + C \quad (3.1)$$

dan

$$t_i = \frac{4.9D(H-0.3)}{S} \quad (3.2)$$

Keterangan :

t_d = Tebal desain dinding tangki (mm),

D = Nominal diameter tank (m),

H = Desain tinggi fluida (m),

G = Berat jenis desain dari fluida yang ditimbun dalam tangki,

CA = Corrosion Allowance (mm),

S_d = Tekatan yang diijinkan untuk kondisi desain (MPa),

S_t = Tekanan yang diijinkan untuk kondisi hydrostatic test (MPa)

Dari 2 (dua) rumus perhitungan tebal pelat diatas akan diambil nilai yang lebih besar sebagai ketebalan yang akan digunakan dalam mendesain sebuah tangki. Satu menggunakan jenis fluida yang akan mengisi tangki tersebut, dalam hal ini pada rencana tangki sebagai tempat penyimpanan avtur. Dan yang satu lagi akan menggunakan fluida jenis air. Dimana air akan digunakan pada saat melakukan *loading test*. Jadi, jika ketebalan saat menggunakan tipe fluida jenis avtur > dari ketebalan jenis fluida air, maka akan dipilih ketebalan dari jenis fluida avtur, juga sebaliknya. Jika ketebalan yang didapat oleh fluida jenis avtur < dari ketebalan jenis air, maka yang digunakan adalah ketebalan yang dihitung menggunakan fluida jenis air.

Ada 2 (dua) jenis pelat dasar tangki yaitu *annular plate* dan *bottom plate*. Ketebalan *annular plate* dan *bottom plate* sebaiknya tidak boleh kurang dari ketebalan pelat yang terdapat pada tabel berikut ini

Tabel 3.3 Tebal Minimum *bottom/annular plate*

Tebal Dinding Pelat (mm)	Tebal Minimal <i>Annular/bottom plate</i> (mm)
5	5
5 – 20	6
20 – 32	8
32 – 45	10

(Sumber : API 650 12th Edition)

3.7 Pembebanan Struktur

1. Beban Mati dan Beban Hidup

Beban mati adalah beban tetap yang disebabkan karena bekerjanya gaya gravitasi pada elemen struktur (berat sendiri struktur). Sedangkan beban hidup adalah beban yang suatu waktu ada pada struktur dan tidak sepanjang waktu. Untuk semua jenis atap dan struktur pendukung atap pada tangki penimbun harus direncanakan mampu menahan beban mati ditambah dengan beban hidup merata sebesar 1.2 Kpa.

2. Beban Hidrostatik

Beban hidrostatik merupakan beban paling besar yang diterima oleh suatu tangki. Semakin tinggi suatu tangki, maka semakin besar pula beban hidrostatik yang diterima. Hal ini dapat dibuktikan dengan rumus :

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (3.3)$$

Keterangan :

P = Beban Hidrostatik

ρ = Berat jenis fluida/avtur (840 kg/m^3)

g = Nilai gravitasi yang bekerja ($9,81 \text{ m/s}^2$)

h = Level ketinggian titik yang ditinjau (m)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil contoh dari bangunan tangki yang ada di DPPU (Depot Pengisian Pesawat Udara) bandara Soekarno-Hatta. Tangki yang direncanakan berdiameter 39,010 meter, akan didesain sesuai dengan gambar aslinya. Kemudian diasumsikan menjadi 3 tipe tangki lain dengan berbeda tebal pelat untuk mendapatkan tangki yang lebih efektif dan efisien.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur, dimana studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data atau sumber – sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Seperti jurnal dan buku yang terkait dalam perencanaan pelat tipis. Dan juga melakukan

observasi lapangan yang dilakukan oleh peneliti terkait dengan tangki yang dibangun yang memunculkan keingintahuan oleh peneliti tentang perilaku dari tangki penyimpanan minyak tersebut.



Gambar 4.2 Gambar tangki yang ditinjau

Tangki didesain sesuai dengan data sebenarnya, selanjutnya disebut tangki 1. Kemudian tangki dimodifikasi dengan membuat *shell plate* (pelat cangkang) yang sama ketebalannya dari dasar sampai paling atas dengan ketebalan 10 mm, selanjutnya disebut tangki tipe 2. Selanjutnya tangki tipe 2 dimodifikasi dengan memberikan *ring girder* pada tangki tersebut dengan tujuan untuk memperkuat *shell plate* tangki, selanjutnya disebut tangki tipe 3. Dan yang terakhir, tangki dimodifikasi kembali dengan memperkecil tebal pelat menjadi 9 mm, selanjutnya disebut tangki tipe 4.

4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian yang baik adalah suatu penelitian yang dilaksanakan secara sistematis dengan alur penelitian yang jelas dan teratur sehingga memperoleh suatu hasil penelitian yang sesuai dengan yang direncanakan. Tahapan-

tahapan penelitian yang penulis lakukan guna menyelesaikan penelitian ini memberikan pembaca gambaran singkat mengenai langkah-langkah pelaksanaan penelitian. Berikut adalah tahapan yang dilakukan:

1. Mulai

Sebelum melakukan suatu penelitian perlu melakukan pengumpulan studi literatur untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dan memperdalam ilmu tentang penelitian yang terkait. Seperti topik penelitian yang diambil, rumusan masalah dalam penelitian, tujuan penelitian, serta metode yang digunakan.

2. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang penulis lakukan dalam memulai penelitian ini dengan melakukan tinjauan ke lapangan untuk melakukan pemilihan struktur bangunan untuk dijadikan bahan penelitian penulis dan mencari literatur-literatur terkait baik dari jurnal maupun penelitian terdahulu yang berhubungan dengan tangki timbun. Dalam hal ini penulis memilih melakukan penelitian pada suatu tangki penyimpanan minyak. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perilaku tangki terhadap beban internalnya (fluida yang mengisi tangki tersebut) yang ada pada salah satu tangki timbun avtur yang ada di DPPU (Depot Pengisian Pesawat Udara) bandara Soekarno-Hatta. Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan *software* ANSYS 16.0 untuk menganalisa perilaku struktur.

3. Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang mana data-data tersebut didapatkan dari kontraktor yang melaksanakan pembangunan tangki tersebut, yaitu Wijaya Karya Industri dan Konstruksi. Ada pun data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- a. *Design code*
- b. Material
- c. Mutu baja
- d. Jenis fluida isi tangki yang direncanakan
- e. Dimensi tangki

Tabel 4.1Data stuktur

Tipe Tangki	Kriteria	Studi Kasus
1 s/d 4	Fungsi Tangki	Penyimpanan Avtur
1	Jumlah Lapisan Pelat	8 Pelat
	Lebar Pelat	1,827 m
	Tebal Pelat 1	19 mm
	Tebal Pelat 2	16 mm
	Tebal Pelat 3	14 mm
	Tebal Pelat 4	9 mm
	Tebal Pelat 5-8	8 mm
2 & 3	Tebal Pelat Similar	10 mm
4	Tebal Pelat Similar	9 mm
1 s/d 4	Tinggi Maksimum Tangki	14,620 m
	Diameter Tangki	38,010 m
	Jenis Material	Baja A 283 Gr.C

4. Analisa Data

Ketika data-data yang diperlukan sudah didapat, selanjutnya dilakukan perencanaan terhadap tangki tersebut. Penelitian ini akan menganalisa data pelat dengan menggunakan metode Kirchoff. Dan untuk menganalisa tangki secara keseluruhan akan menggunakan metode *One Foot Methode* dengan analisa strukturnya akan dilakukan dengan bantuan *software* ANSYS 16.0.

5. Hasil dan Pembahasan

Setelah perhitungan dan analisa dilakukan dengan bantuan *software* ANSYS 16.0 maka pada tahapan penelitian ini akan dipaparkan hasil dan pembahasan dari analisa pada tangki terhadap beban yang diberikan yang mana dalam penelitian ini adalah beban fluida.

6. Kesimpulan dan Saran

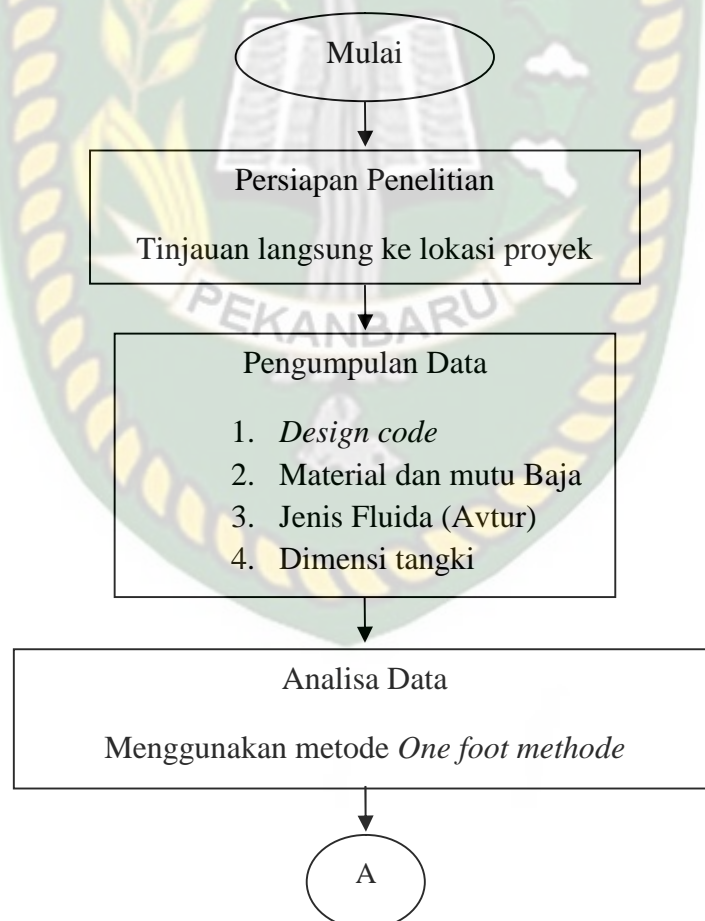
Tahap akhir dari penelitian ini adalah menyimpulkan apa yang menjadi tujuan dari penelitian. Terkait dengan bagaimana perilaku dan kekuatan struktur tangki. Dan tidak lupa menyampaikan saran-saran yang baik untuk penelitian berikutnya.

7. Selesai

Setelah semua langkah-langkah diatas dilakukan, maka penelitian dianggap selesai.

Adapun uraian tahapan penelitian dapat dilihat lebih jelas pada Gambar

4.2.





Gambar 4.3 Bagan alir skripsi

4.4 Cara Analisa Data

Melakukan analisa tangki timbun terhadap beban internal (fluida), digunakan perhitungan menggunakan analisa pelat dengan metode Kirchoff dan analisa tangki dihitung dengan menggunakan metode *One foot methode* dengan menggunakan *software* ANSYS.

1. Menghitung Pembebanan

Perhitungan pembebanan dilakukan sesuai dengan data penunjang. Menghitung beban – beban yang bekerja pada struktur berupa beban mati, beban hidup. Beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban ini terdiri dari berat

sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Dimana didalamnya ada berat rangka, dinding, atap, dan lain-lain. Beban mati tersebut akan dihitung berdasarkan permodelan yang ada dimana beban sendiri didalam Program ANSYS 16.0. Sedangkan beban hidup adalah beban yang besarnya dan posisinya dapat berubah-ubah. Dimana dalam penelitian ini ada beberapa beban hidup yang akan diperhitungkan, diantaranya beban hidup akibat fluida yang mengisi tangki yang mana bebannya akan berubah-ubah sesuai dengan banyaknya fluida yang ada didalam tangki. Ada juga beban hidup yang diberikan yaitu beban hidup aktifitas manusia yang akan melakukan pemeliharaan atau pengecekan pada tangki tersebut. Dimana nantinya beban hidup ini akan dimasukkan dalam program ANSYS 16.0 dinotasikan dalam *force*.

2. Analisis struktur tangki

Uraian penelitian dalam analisis struktur gedung dengan bantuan software ANSYS Versi 16.0 untuk memodelkan seluruh komponen-komponen dalam bentuk tiga dimensi. Prosedur analisis struktur gedung sebagai berikut:

a. Permodelan Struktur

Setelah menentukan satuan unit, pilih *File, New Model, Static Structural*, kemudian *Geometry* untuk struktur dimodelkan berdasarkan bentuk dan ukuran struktur bangunan yang sebenarnya

b. Penentuan Material *Properties*

Penentuan material ini bertujuan untuk mendefinisikan properti material struktur yang digunakan, kuat tarik baja (f_y), berat jenis baja, dan lain-lain

c. Penentuan *Frame Section Properties*

Penentuan *Frame Section Properties* bertujuan untuk mendefinisikan data – data penampang pelat dinding tangki sesuai ukuran masing-masing, *girder*, pelat atap yang digunakan.

d. Penentuan *Joint Restraints*

Penentuan *Joint Restraints* bertujuan untuk menentukan jenis tumpuan pada struktur bangunan. Umumnya ditentukan berupa tumpuan jepit untuk melakukan analisis tangki.

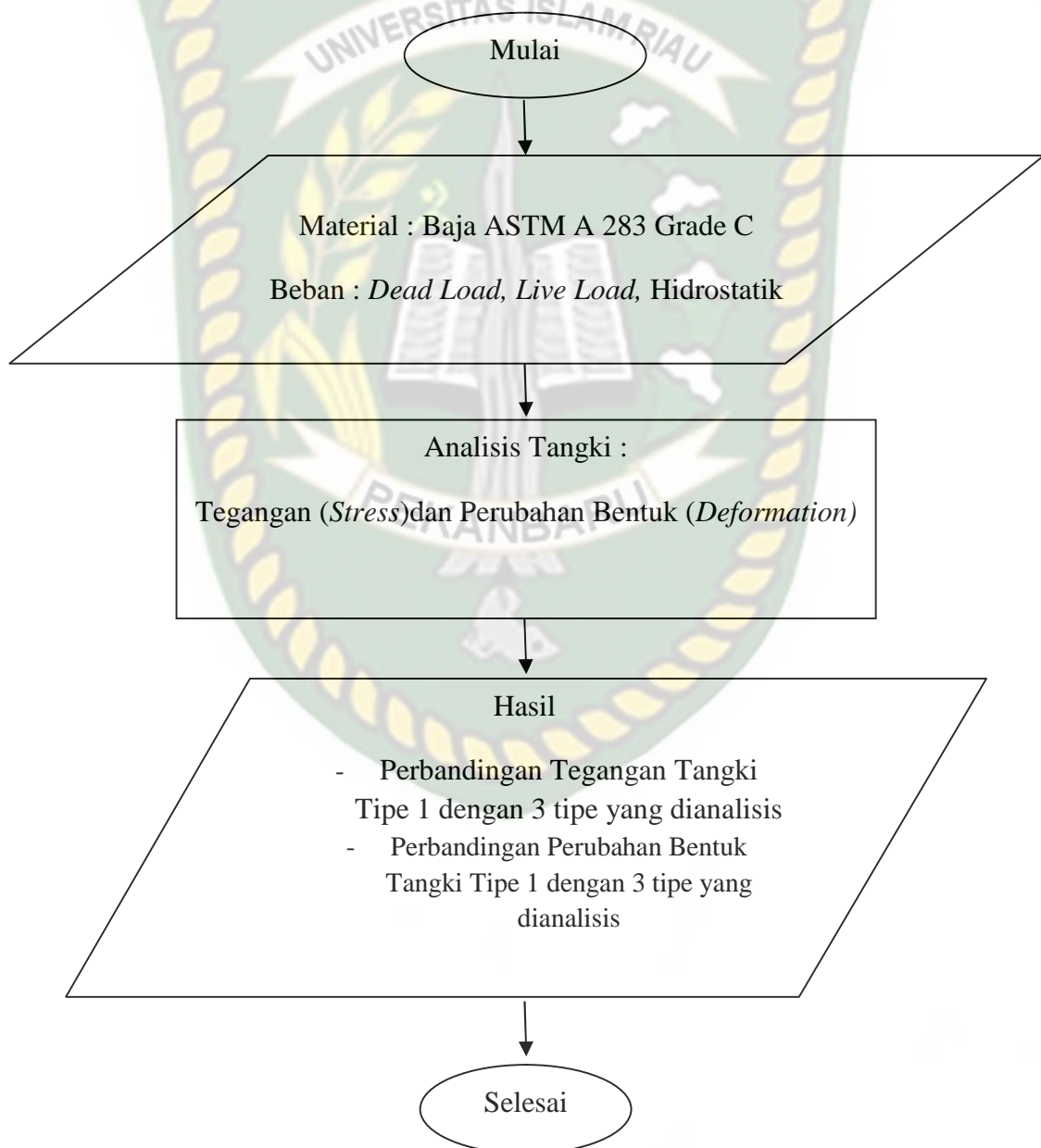
- e. *Penentuan Model*
Penentuan *model* bertujuan untuk mendefinisikan beban yang bekerja pada struktur (beban mati dan beban hidup)
- f. *Input Hydrostatic Pressure*
Input Hydrostatic Pressure fluida yang direncanakan menjadi isi dari tangki tersebut
- g. *Penentuan Pressure Loads*
Setelah dihitung beban struktur yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup, kemudian diinput *pressure loads* pada atap tangki sebagai *uniform live load* (kg/m^2).
- h. *Meshing Structure*
Dengan melakukan *Meshing Structure* dengan cara *Generate Mesh*, maka dapat mengecek beragam bentuk *tank shell* dalam bagian-bagiannya
- i. *Solve*
Dengan melakukan *solve*, maka dapat mengecek hasil analisa dari struktur tangki yang telah didesain.
- j. *Analysis Result*
Setelah semua langkah diatas, diperoleh *Analysis Result* berupa hasil partisipasi ragam deformasi yang terjadi pada tangki, stres yang dialami oleh tangki.

3. Hasil Analisa

Dari pengolahan data yang dilakukan dengan software ANSYS yang telah di-*input*-kan maka didapatkan hasil yang akan menjadi acuan untuk melakukan optimasi dan sebagainya. Dimana pada tahapan ini, akan

direncanakan 1 tangki sebenarnya dan 3 variasi tangki yang didesain dan seterusnya dianalisa dengan tujuan mendapatkan nilai deformasi dan stres yang dialami oleh masing- masing lapisan tangki. Sehingga bisa digunakan sebagai acuan dalam mendesain bangunan tangki yang lebih efektif dan efisien.

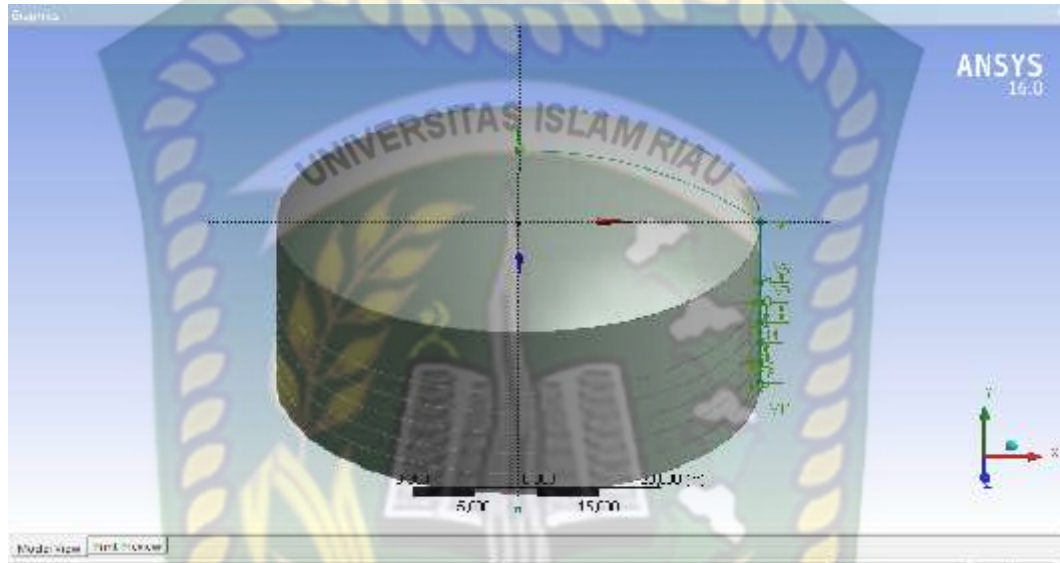
Adapun uraian pengerjaan pemodelan tangki dengan bantuan program ANSYS dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.4 Bagan alirpenelitian

4.5 Data struktur tangki

Untuk membuat pemodelan tiga dimensi tangki dalam penelitian ini maka dibutuhkan data-data dimensi keseluruhan dari komponen tangki. Pemodelan tangki tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 4.1. Data struktur tangki dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.5 Pemodelan Struktur Tangki

Pemodelan struktur tangki akan dibuat dalam model tangki sebenarnya sesuai dengan gambar kerja. Dimana tangki tersebut adalah tangki tipe *Fixed Dome Roof* yaitu tangki yang biasanya diperuntukkan menyimpan bahan kimia yang bertekanan. Pada penelitian ini akan diasumsikan 4 tipe tangki yang dicoba dengan cara *trial and error* yang bertujuan untuk mendapatkan perbandingan perilaku yang dialami oleh tangki tersebut dibandingkan dengan bentuk aslinya (tipe 1). Dimana setelah mendapatkan nilai perbandingan dari perilaku dari tangki tersebut, maka kita bisa menentukan tangki mana yang lebih efektif dan efisien digunakan. Dimana dalam hal ini bertujuan untuk melakukan optimasi struktur baik secara penggunaan material dan juga berefek pada biaya (tidak dihitung dalam penelitian ini).

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Umum Perencanaan

Penelitian ini dilakukan pada pembangunan tangki timbun avtur yang ada di DPPU bandara Soekarno-Hatta, dimana pada pembangunan ini menggunakan material yang memenuhi standart yang digunakan. Dalam perencanaan tangki minyak ini ada beberapa data umum yang dipakai menerus pada sepanjang proses perencanaan. Berikut merupakan data umum perencanaan yang digunakan

<i>Design code</i>	: API 650 12 th Edition
Material	: Baja
Mutu Baja Pelat	: ASTM A 283 Grade C
Fy	: 205 MPa
Fu	: 380 MPa
Mutu Baja Struktur Atap	: ASTM A 283 Grade C
Fy	: 205 MPa
Fu	: 380 MPa
<i>Corrosion Allowance</i>	
Shell	: 2 mm
Bottom	: 1 mm
Roof	: 1 mm
Isi Tangki	: Avtur
Berat Jenis isi Tangki	: 840 kg/m ³

5.2 Perancangan Tangki Minyak

Perancangan terhadap tangki ini dilakukan berdasarkan *Design Code API 650 12th Edition*. Penelitian ini mengacu kepada bangunan sebenarnya, yaitu tangki timbun avtur di DPPU bandara Soekarno-Hatta dengan tipe tangki mendatar (tinggi:diameter). Dimana tangki yang diteliti memiliki (tinggi :

diameter) sebesar (14,620 meter : 39,010 meter) maka dimasukkan ke kategori tangki dengan tipe mendatar.

5.2.1 Pelat Dinding

Pelat dinding dirancang dengan menggunakan *one foot methode* sesuai peraturan yang tertera pada API 650 12th Edition pasal 3.6.3.2. Ketebalan minimum yang digunakan pada pelat dinding sesuai dengan tabel 3.2, tangki melebar yang akan didesain memiliki diameter sebesar 39,010 m. Nilai ini termasuk dalam *range* 36-50 meter sehingga tebal minimumnya adalah 8 mm. Ketebalan tangki dihitung sama dari tebal lapisan bawah yang bersentuhan langsung dengan *Annular plate* sampai dengan lapisan atas dinding tangki yang berhubungan dengan atap.

Metode *one foot* dalam penelitian ini menggunakan jenis fluida avtur sebagai fluida yang akan mengisi tangki tersebut dan air yang akan digunakan untuk *loading test* pada tangki tersebut. Dengan menggunakan dua perhitungan tersebut maka didapatkan nilai ketebalan pelat dinding tangki sebagai berikut, untuk nilai ketebalan pelat berdasarkan fluida jenis avtur :

Tabel 5.1 Tebalan pelat dinding (S.P) tangki sesuai proyek (tangki tipe 1) berdasarkan fluida jenis avtur dan air.

Level	S.P Avtur (mm)	S.P Air (mm)	S.P Dipakai (mm)
S.P1	15,23	16,16	19
S.P2	14,5	15,46	16
S.P3	12,45	13,20	14
S.P4	10,32	10,94	11
S.P5	8,19	8,68	9
S.P6	6,06	6,43	8
S.P7	3,93	4,17	8
S.P8	1,81	1,91	8

Ketebalan S.P (*Shell Plate*) pada tangki tipe 1 dapat kita lihat pada tabel 5.1. Dimana pada tabel tersebut kita melihat ketebalan *shell plate* 1 memiliki tebal terbesar yaitu sebesar 19 mm. Hal ini dikarenakan *shell plate* 1 adalah pelat terbawah. Selanjutnya pada *shell plate* 2 memiliki ketebalan sebesar 16 mm, *shell plate* 3 memiliki ketebalan 14 mm, *shell plate* 4 memiliki ketebalan 11 mm, *shell plate* 5 dengan ketebalan sebesar 9 mm, dan untuk *shell plate* 6, *shell plate* 7, dan *shell plate* 8 memiliki ketebalan yang sama-sama merupakan ketebalan minimal yaitu sebesar 8 mm.

Tabel 5.2 Ketebalan pelat dinding (S.P) tangki tipe 2 dan 3

Level	Tebal (mm)
S.P1	10
S.P2	10
S.P3	10
S.P4	10
S.P5	10
S.P6	10
S.P7	10
S.P8	10

Tangki tipe 2 adalah tangki yang dibuat ukuran *shell plate* sama dari *shell plate* 1 sampai dengan *shell plate* 8. Melakukan penyamaan ketebalan *shell plate* tersebut adalah untuk mengetahui perilaku tangki timbun tersebut. Adapun ukuran tebal *shell plate* yang diberikan adalah sebesar 10 mm.

Tabel 5.3 Tebalan pelat dinding (S.P) tangki tipe 4

Level	Tebal (mm)
S.P1	9
S.P2	9
S.P3	9
S.P4	9
S.P5	9
S.P6	9
S.P7	9
S.P8	9

Sama dengan tangki tipe 2 dan 3, maka untuk tangki tipe 4 juga didesain dengan ketebalan yang sama mulai dari *shell plate* 1 sampai *shell plate* 8. Dimana untuk ketebalannya dibuat lebih tipis dari tipe 2 dan 3 yaitu sebesar 9 mm.

5.2.2 Bottom Plate

Ketebalan *bottom plate* diambil sesuai dengan peraturan pada API 650 12th edition pada pasal 5.1.5.7. Karena tangki pada penelitian ini memiliki pelat dinding pada angka 8 – 19 mm, maka tebal *bottom plate* yang dipakai adalah sebesar 6 mm. Jika ditambah dengan *corrosion allowance* sebesar 1 mm, maka tebal *bottom plate* menjadi 7 mm.

5.2.3 Annular Plate

Dalam menghitung *annular plate* sama dengan perhitungan *bottom plate*. Dimana tebalnya tergantung pada tebal dinding pelatnya. Karena tangki pada penelitian ini memiliki pelat dinding pada angka 8-19 mm, maka tebal *annular plate* yang dipaka adalah sebesar 6 mm. Ditambah dengan nilai *corrosion allowance* sebesar 1 mm, maka tebal *annular plate* menjadi 7 mm.

5.2.4 Roof Plate

Perhitungan kemiringan dari atap sesuai dengan API 650 12th Edition. Kemiringannya lebih landai dari 19 mm dibanding 300 mm. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan kemiringan *roof plate* sebesar 1 : 16 (1 mm setiap 16 mm). Sedangkan untuk ketebalan pelat atap sesuai dengan API 650 12th Edition pasal pasal 5.1.3.6, dimana ketebalan minimum *roof plate* adalah 6 mm. Jika ditambah dengan *corrosion allowance* sebesar 1 mm, maka tebal *roof plate* menjadi 7 mm.

5.2.5 Top Angle

Top angle terbuat dari profil siku yang menempel pada sisi sebelah atas *course shell plate* teratas. Kegunaan *top angle* adalah untuk memperkaku *shell plate*. Untuk tangki dengan atap tertutup, ukuran *top angle* tidak berdasarkan beban angin tetapi berdasarkan jenis atap yang akan direncanakan. Dimana atap diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu *supported* dan *self supported*.

Menurut API 650 12th Edition pasal 5.1.5.9 point e, untuk tangki berdiameter >18 m ukuran *top angle* tidak kurang dari dari 75 mm x 75 mm x 10 mm. Sehingga dimensi *top angle* yang dipakai pada penelitian ini adalah sebesar 75 mm x 75 mm x 10 mm, karena tangki pada penelitian ini memiliki diameter sebesar 39,010 m.

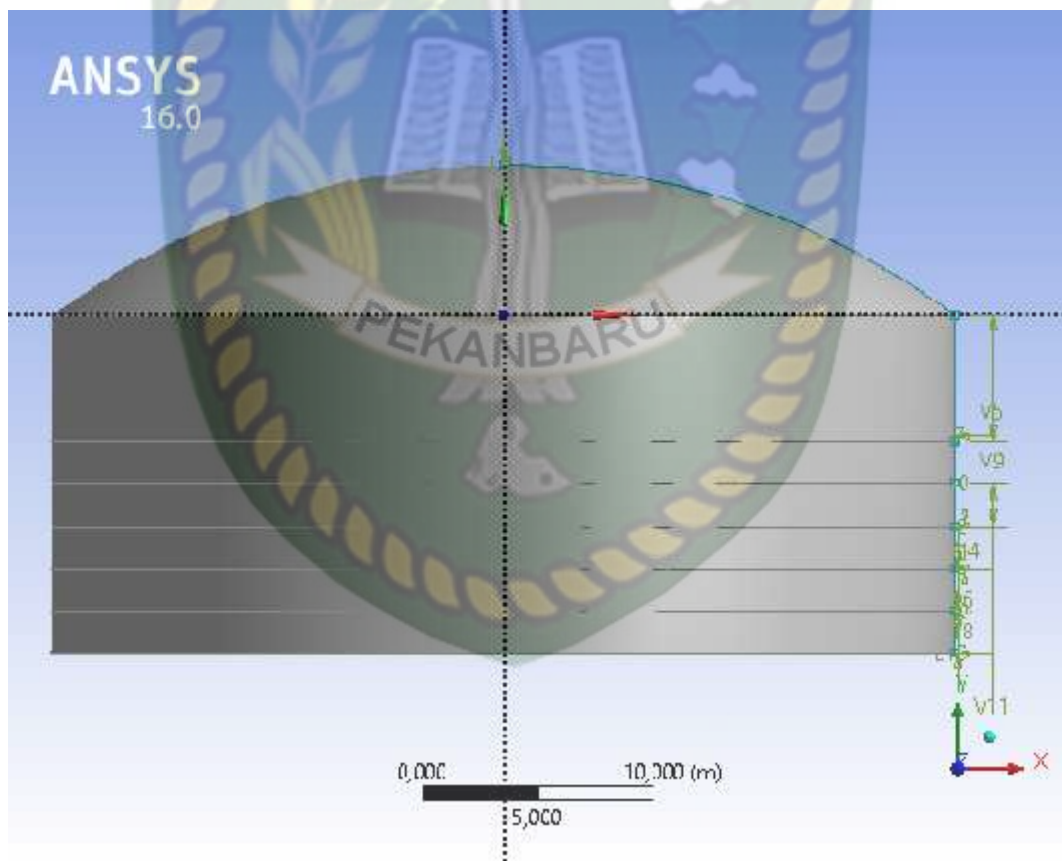
5.2.6 Wind Girder

Wind Girder merupakan sebuah pelat yang diberikan pada sekeliling tangki. Dimana *girder* ini berguna untuk memperkaku pelat tangki. Pada penelitian ini, *wind girder* yang didesain berukuran 200 mm x 80 mm.

5.3 Pemodelan

Pemodelan pada penelitian ini akan dibantu dengan menggunakan *software* ANSYS 16.0. Pemodelan yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan *output* berupa gaya dalam dan hasil analisa struktur, sehingga dapat diketahui perilaku struktur ketika dikenakan beban. Pada dasarnya ANSYS tidak memiliki *template* umum untuk bentuk tangki silindris. Sehingga kita harus

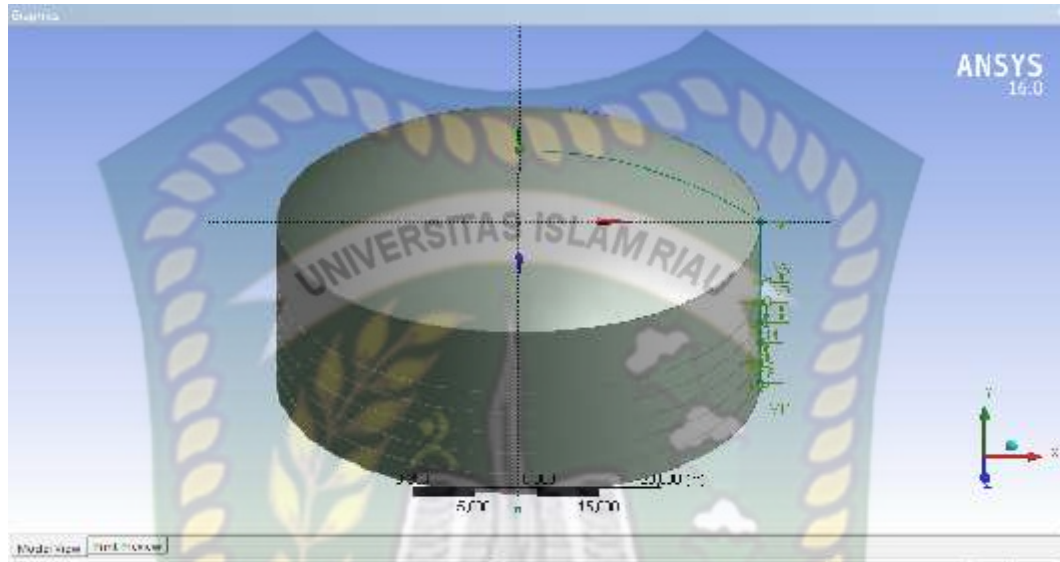
menggambarkan geometri sesuai dengan gambar kerja. Pada penelitian ini, penulis membuat 4 (empat) tipe tangki. Pertama, tangki dengan data sesuai dengan proyek sebenarnya (selanjutnya disebut tipe 1). Kedua, tangki dengan modifikasi menyamakan ketebalan pelat mulai dari dasar sampai lapisan paling atas dengan ketebalan 10 mm (selanjutnya disebut tipe 2). Ketiga, sama dengan tipe 2, tangki ini hanya ditambah *girder* sebagai pengaku tangki (selanjutnya disebut tipe 3). Dan yang terakhir, tangki dengan pelat sama dari dasar sampai ke lapisan paling atas dengan ketebalan dipertipis lagi yaitu dengan tebal 9 mm (selanjutnya disebut tipe 4). Adapun tujuan peneliti membuat berbagai tipe tangki ini adalah untuk mendapatkan tangki yang efisien, baik secara kekuatan struktur maupun kebutuhan jumlah baja yang berpengaruh pada biaya.



Gambar 5.1 Pemodelan Tangki dengan ANSYS

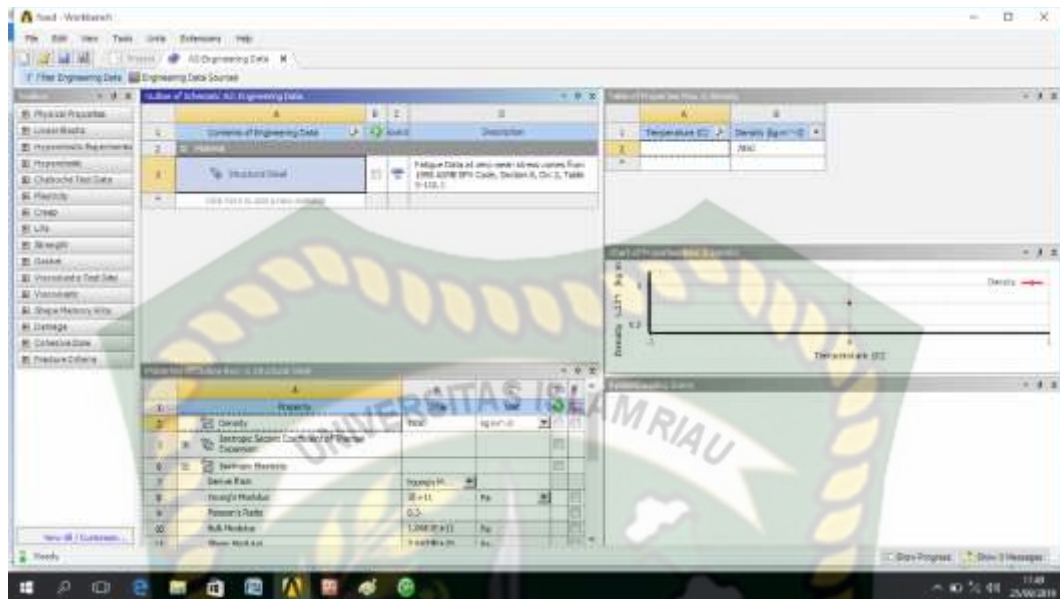
Gambar 5.1 diatas adalah tampak depan dari pemodelan tangki yang dibuat. Dimana ada beberapa tingkatan *shell plate* yang didesain. Dimulai dari

shell plate 1 dengan lebar pelatnya adalah sebesar 1,8 meter. Dan seterusnya *shell plate* 2,3, sampai *shell plate* 8. Selanjutnya tampak 3D juga dibuat agar bentuk tangki lebih jelas. Tampak tangki akan dapat dilihat lebih jelas pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Pemodelan Tangki 3D dengan ANSYS

Seperti langkah-langkah pemodelan pada umumnya, yang selanjutnya dilakukan tentunya mendefinisikan material dan *section* apa saja yang akan dibutuhkan dalam permodelan ini. Material baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja dengan mutu A 283 *Grade* C. Pelat atap dan pelat dasar menggunakan ketebalan yang sama, sedangkan ketebalan pelat dinding berubah sesuai ketinggian, semakin keatas maka semakin menipis hingga ketebalan minimum. Pendefinisian material pada *software* ANSYS bisa dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Define Material pada ANSYS

Setelah pemodelan struktur tangki selesai maka tahap terakhir dari pemodelan geometri struktur dalam studi kasus ini adalah memberikan perletakan pada tangki. Perletakan yang diberikan pada penelitian ini adalah perletakan jepit pada lapisan dasar dinding tangki. Perletakan diberikan pada sekeliling tangki mengikuti bentuk tangki yang berbentuk silinder.

5.4 Pembebanan

Setelah keseluruhan struktur jadi, proses selanjutnya adalah memberikan pembebanan kepada model. Ada beberapa jenis beban yang diterima oleh struktur tangki. Beban pertama adalah berat sendiri struktur yang dihitung secara otomatis oleh *software* ANSYS. Beban kedua adalah beban hidup yang diterima oleh pelat bagian atap. Beban ketiga adalah beban hidrostatis yang diberikan pada pelat dinding. Beban yang diberikan terhadap pelat dinding diantaranya beban hidrostatis. Seperti struktur pada umumnya, suatu tangki harus didesain kuat terhadap beban yang selalu diterima oleh struktur tersebut atau beban yang suatu waktu akan diterima oleh struktur. Beban yang ditinjau pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

5.4.1 Beban Mati

Beban mati struktur tangki yang meliputi berat sendiri tangki dihitung secara otomatis oleh *software* yang digunakan, dalam hal ini menggunakan ANSYS 16.0. Beban mati meliputi beban dinding tangki dan atap, serta beban mati tambahan meliputi *ring girder*. Secara garis besar, sebuah tangki minyak pelat baja terdiri dari dua struktur utama yaitu dinding pelat dan struktur atap. Dalam hal ini, pada kasus tangki penimbun memiliki total berat adalah sebesar :

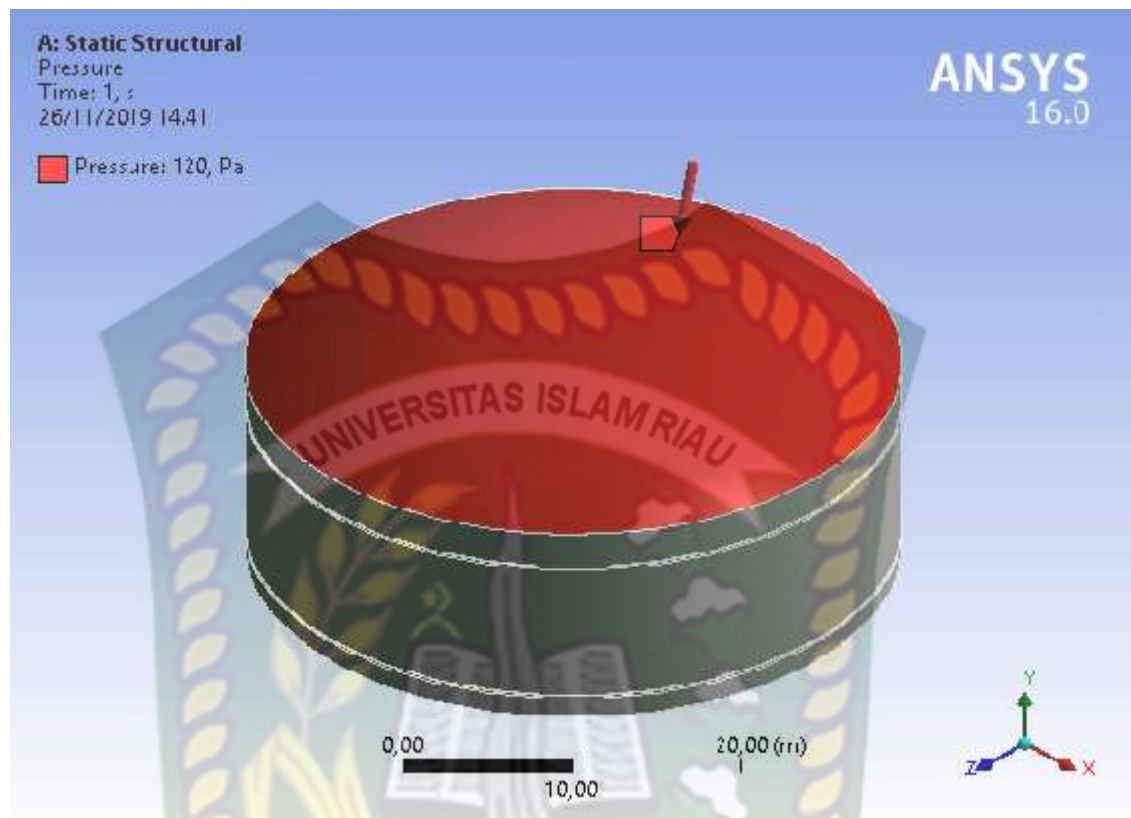
Tabel 5.4 Berat Sendiri masing-masing tangki

Tipe Tangki	Berat Sendiri Tangki (ton)
1	243,710
2	221,070
3	249,980
4	196,900

5.4.2 Beban Hidup

Beban hidup berupa beban luasan yang ditinjau berdasarkan fungsi dari bangunan. Khusus untuk beban hidup, pada tangki minyak hanya dikenakan pada *roof plate* saja, yaitu sebesar 120 Kg/m^2 . Beban hidup ini didefinisikan menjadi beban *force* yang diberikan vertikal secara merata pada keseluruhan permukaan atap tangki.

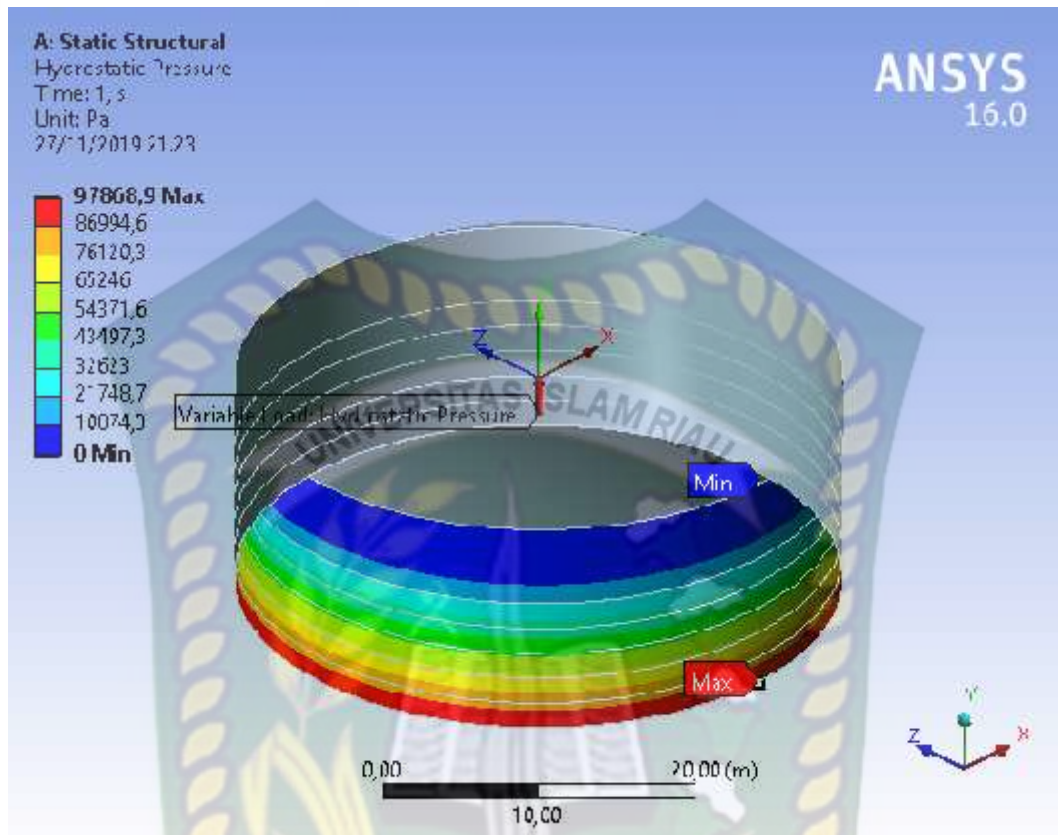
Pemberian beban hidup sebesar 120 Kg/m^2 pada *roof plate* tangki diberikan secara merata pada seluruh atap tangki. Pemberian beban tersebut dapat dilihat lebih jelas pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Beban Hidup yang diberikan pada atap tangki

5.4.3 Hidrostatik

Beban hidrostatik adalah beban yang dikenakan ke seluruh pelat dinding serta pelat pada dasar tangki akibat beban yang diakibatkan oleh fluida yang mengisi tangki tersebut. Beban masing-masing pelat berbeda berdasarkan level ketinggian dari pelat tersebut terhadap fluida. Pelat paling dasar menerima beban hidrostatik yang paling besar karena menerima beban fluida dengan ketinggian paling besar. Dan semakin keatas akan semakin kecil. Sehingga pelat paling atas menerima beban hidrostatik paling kecil.



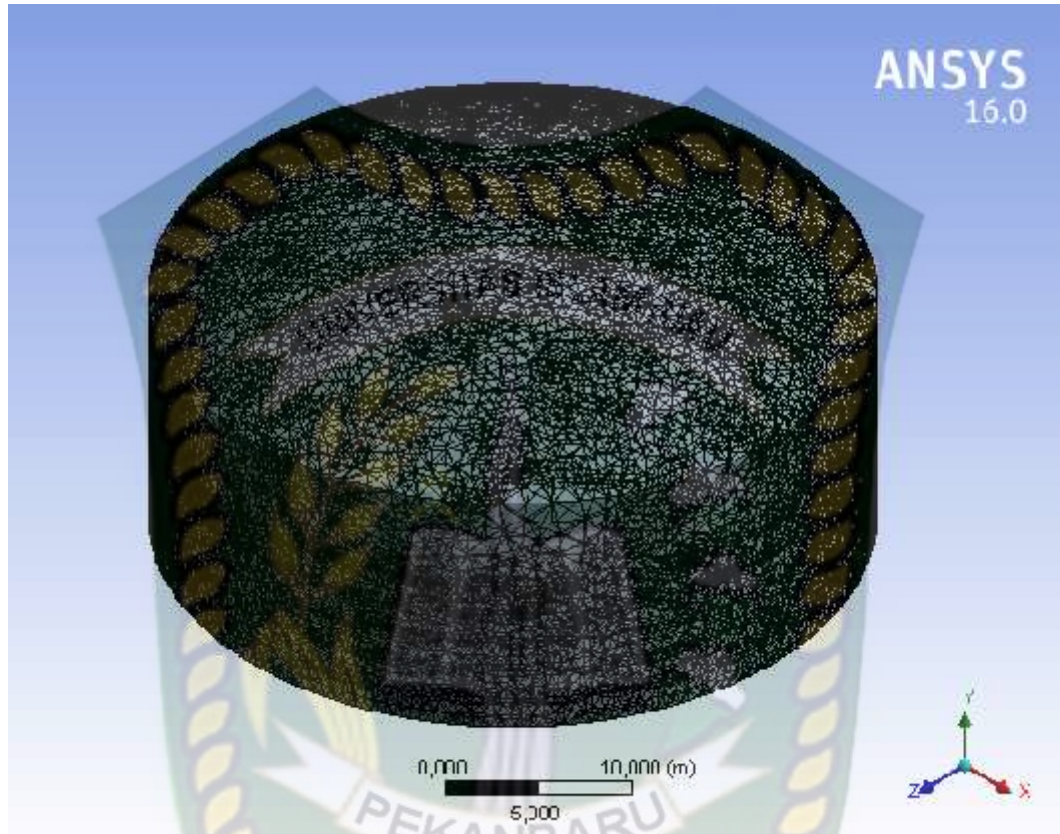
Gambar 5.5 Beban hidrostatis yang diterima oleh tangki

Beban hidrostatis yang diberikan pada tangki tersebut menimbulkan beban yang berbeda besarnya pada setiap *shell plate*. Dimana pada *shell plate* 1 yang merupakan pelat terbawah menerima beban terbesar. Ketika kita lihat warna merah pada tangki tersebut itu adalah beban maksimal, yaitu sebesar 97.868,9 Pa. Dan semakin keatas warna akan berubah pada setiap tingkatannya yang menandakan perubahan beban yang diterima. Sampai pada *shell plate* yang mendekati *roof top* mengalami beban mendekati nol.

5.5 Meshing Elemen Shell

Karena elemen yang digunakan adalah elemen *shell* maka untuk memperbolehkan hasil yang lebih akurat maka perlu untuk melakukan langkah *mesing* pada elemen ini. Dengan meng-*generate mesh* maka program ANSYS

akan melakukan *meshing* secara otomatis. Berikut adalah hasil *meshing* elemen *shell*, dapat dilihat pada gambar 5.6



Gambar 5.6 *Meshing* Elemen *Shell*

5.6 *Output* ANSYS

Setelah seluruh beban telah dikenakan pada struktur maka selanjutnya kita dapat menjalankan model. Setelah model selesai dijalankan, maka *output* dari permodelan sudah bisa didapatkan. *Output* dari permodelan ini dapat berupa gaya dalam hingga tegangan. Pelat tangki yang berbahan baja dengan tegangan ijin menurut API 650 adalah dua per tiga bagian dari tegangan lelehnya, harus diubah sedemikian rupa sehingga *Stress* yang dialami oleh tangki mendekati nilai tersebut tetapi tidak boleh melebihi atau kurang terlalu jauh.

5.7 Analisa

5.7.1 Analisa *Stress* akibat beban hidrostatik

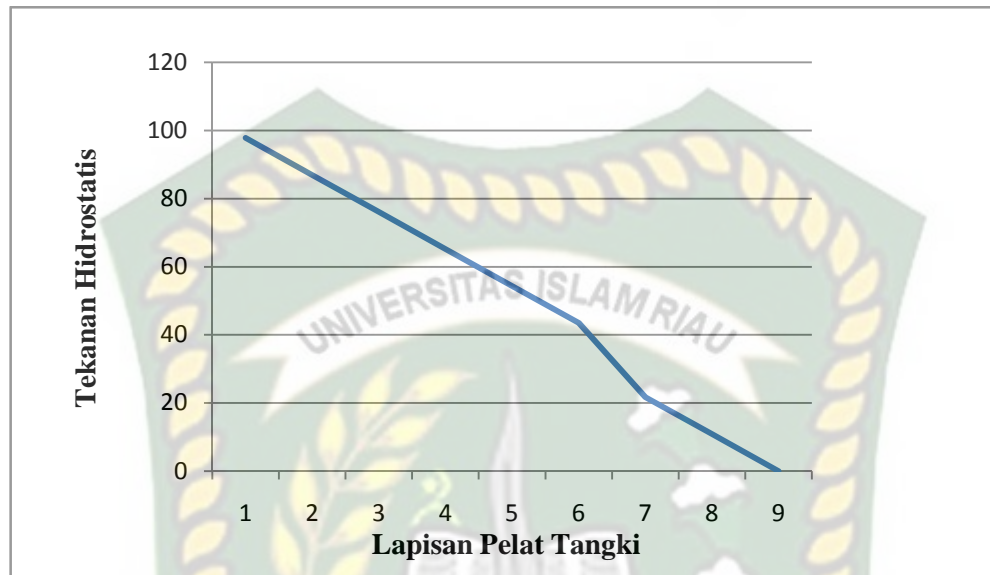
Beban hidrostatik merupakan beban yang paling dominan dalam desain struktur tangki. Dimana beban hidrostatik merupakan beban yang terjadi pada suatu titik tangki akibat fluida sesuai dengan ketinggian di atasnya. Sehingga semakin tinggi fluida di atas titik yang ditinjau, maka semakin besar pula beban hidrostatik yang dipikul titik tersebut. Jadi dapat disimpulkan bahwa dalam tangki penelitian ini, beban hidrostatik pada ketinggian paling bawah mengalami beban terbesar sampai pada lapisan paling atas mengalami beban paling kecil bahkan mendekati 0 (nol). Berikut adalah *Stress* hidrostatik yang diterima oleh tangki tersebut.

Tabel 5.5 Tekanan akibat beban hidrostatik

Lapisan Pelat	Tekanan Hidrostatik (kPa)
1	97,8689
2	86,9946
3	76,1203
4	65,246
5	54,3716
6	43,4973
7	21,7487
8	10,8743
9	0

Stress hidrostatik yang diberikan pada semua tipe tangki adalah sama. Dari tabel 5.5 dapat dilihat bahwa *shell plate 1* mengalami *Stress* hidrostatik terbesar, yaitu 97,8689 kPa. Pada *shell plate 2* mengalami penurunan *Stress* hidrostatik, yaitu 86,9946 kPa. Hal ini dikarenakan semakin meninggi level fluida yang dialami oleh suatu *shell plate* maka semakin besar pula beban hidrostatik yang diterimanya. Maka hal tersebut berlaku pada *shell plate 3* dan seterusnya sampai

pada *shell plate* yang bersentuhan dengan atap (*shell plate 9*) menerima beban hidrostatik nol.

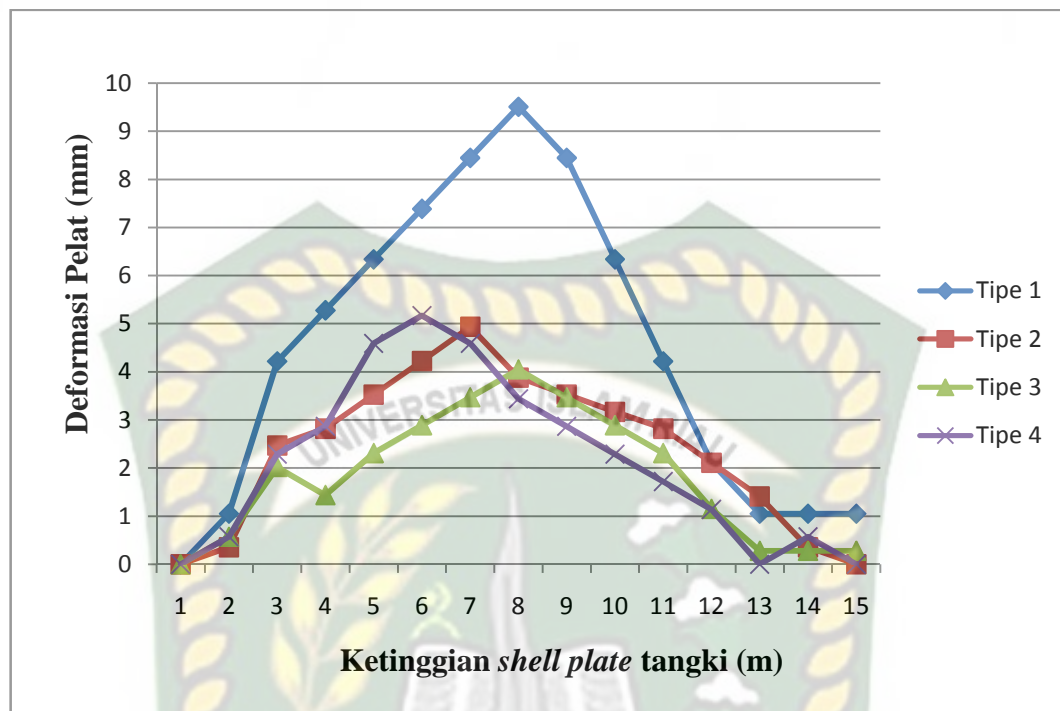


Gambar 5.7 Grafik perbandingan beban hidrostatik sesuai ketinggiannya

Setelah pada tabel 5.5 telah dipaparkan besarnya *Stress* hidrostatik yang dialami oleh masing-masing *shell plate* berdasarkan ketinggiannya. Maka pada grafik 5.2 hal yang sama akan dipaparkan. Tetapi pada grafik ini kita akan melihat lebih jelas, bagaimana *Stress* hidrostatik yang diterima oleh *shell plate 1* menerima beban hidrostatik terbesar yaitu sebesar 97,8689 kPa. Dan semakin keatas akan menerima beban hidrostatik lebih kecil. Dan sampai pada *shell plate 9* atau *shell plate* yang bersentuhan dengan *roof top* yang akan hampir menerima beban hidrostatik, atau dengan kata lain akan menerima beban hidrostatik mendekati angka 0 (nol).

5.7.2 Analisa Perbandingan Deformasi Pelat

Selanjutnya kita akan membandingkan perubahan bentuk (deformasi) yang dialami oleh tangki akibat pembebanan yang diterima.



Gambar 5.8 Grafik perbandingan perubahan bentuk pada ketinggian tertentu pada masing-masing tangki

Grafik diatas adalah grafik hasil perbandingan deformasi yang dialami oleh tangki per ketinggiannya pada semua tipe tangki yang didesain. Pada grafik ini diberikan pada bentuk tangki dengan ukuran yang sama. Hanya saja dibedakan ketebalan pelat dinding dan ada yang diberi *girder* sebagai pengaku. Adapun perbedaan-perbedaan tersebut dibuat adalah untuk mengetahui perilaku dari setiap tangki dan mencari tangki mana yang lebih efisien digunakan.

Dari grafik 5.3 kita dapat melihat bahwa deformasi telah dialami oleh masing-masing tangki. Dimana tangki tipe 1 mengalami deformasi sebesar 9,51 mm, yang mana deformasi maksimal tersebut berada kurang lebih pada ketinggian 7 meter sampai 8 meter. Sedangkan deformasi yang dialami oleh tangki tipe 2 adalah sebesar 4,98 mm, yang berada pada ketinggian 7 meter sampai 8 meter. Tangki tipe 3 mengalami deformasi maksimal sebesar 4,05 mm yang berada pada ketinggian 8 meter sampai 9 meter. Pada tangki tipe 4 mengalami deformasi maksimal sebesar 5,17 mm yang berada pada ketinggian 6 meter sampai 7 meter.

Jadi tangki 1 menjadi tangki yang mengalami deformasi paling besar, dan tangki tipe 3 menjadi tangki yang mengalami deformasi yang paling kecil.

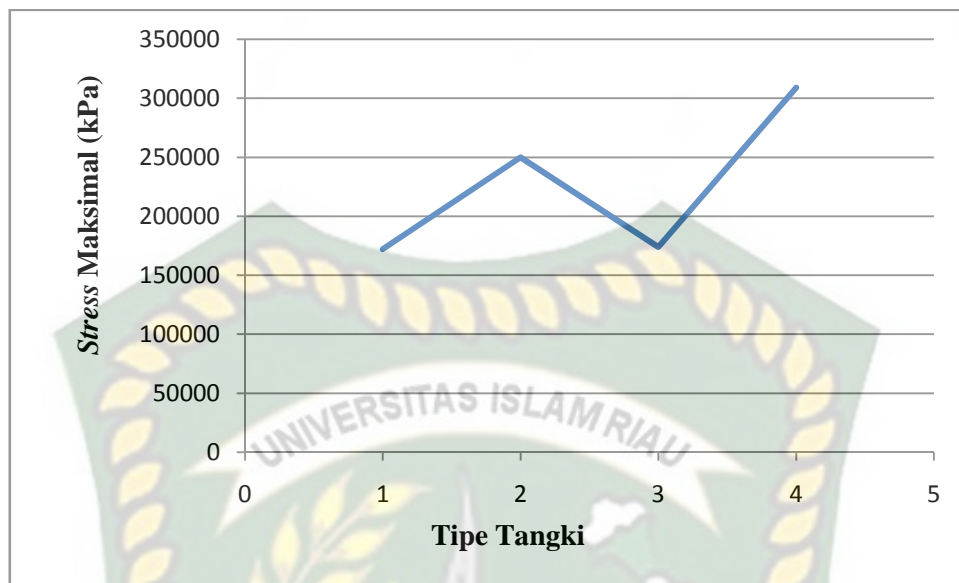
5.7.3 Analisa *Stress* yang Dialami Tangki

Stress yang dialami oleh tangki akibat pembebanan yang diterima berbeda-beda sesuai dengan tipe tangkinya sendiri. Dimana pada penelitian ini ada 4 (empat) tipe tangki yang dibandingkan, dengan tujuan mendapatkan tangki yang paling optimal dan efisien. Berikut ini adalah data *Stress* yang terjadi pada masing-masing tangki dapat dilihat pada tabel 5.6.

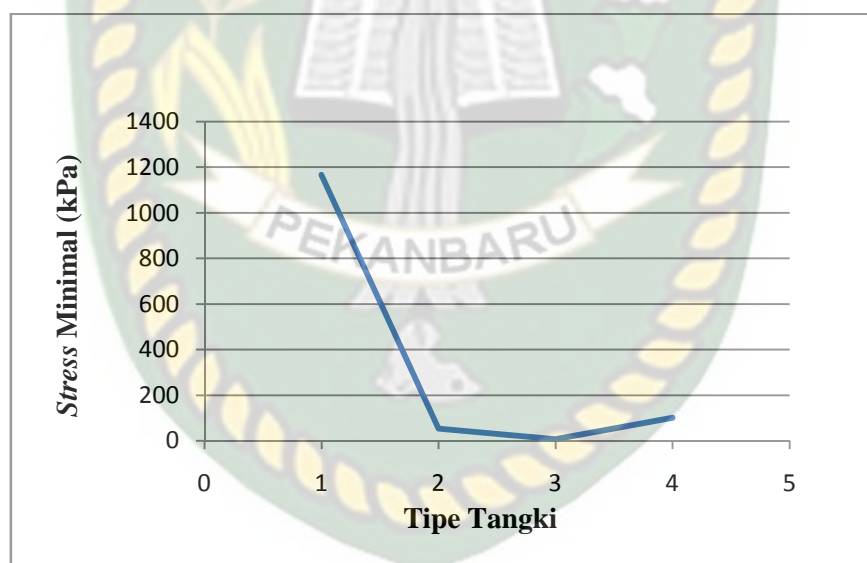
Tabel 5.6 Besar *Stress* yang dialami oleh tangki.

Tipe	<i>Stress</i> (kPa)	
	Min	Max
1	1.167,900	172.020
2	52,788	249.950
3	6,9815	173.880
4	100,480	308.920

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa masing-masing tangki memikul *stress* yang berbeda antara tangki yang satu dengan tangki yang lainnya. Walau menerima beban yang sama, tetapi perbedaan ketebalan *shell plate* menjadi alasan perbedaan perilaku *stress* tangki-tangki tersebut.



Gambar 5.9 Grafik perbandingan *Stress* maksimal yang dialami oleh masing masing tangki.



Gambar 5.10 Grafik perbandingan *Stress* minimal yang dialami oleh masing masing tangki.

Setelah pada tabel 5.6 dipaparkan besaran *stress* yang dipikul oleh masing-masing tangki. Maka pada gambar 5.9 dan gambat 5.10 kita melihat bahwa masing-masing tangki mengalami *Stress* yang berbeda-beda secara lebih jelas. Dimana tangki tipe 1 mengalami *Stress* minimal sebesar 1.167,9 kPa dan *Stress* maksimal yang dialami oleh tangki tipe 1 adalah sebesar 172.020 kPa. Tangki tipe 2

mengalami *Stress* minimal sebesar 52,788 kPa dan *Stress* maksimal yang dialami oleh tangki tipe 2 adalah sebesar 249.950 kPa. Selanjutnya tangki tipe 3 mengalami *Stress* minimal sebesar 69,815 kPa dan *Stress* maksimal yang dialami oleh tangki tipe 3 ini adalah sebesar 173.880 kPa. Dan yang terakhir yaitu tangki tipe 4 mengalami *Stress* minimal sebesar 100,48 kPa dan *Stress* maksimal sebesar 308.920 kPa.

Pada grafik dapat dilihat jelas bahwa perbandingan *stress* maksimal yang dialami oleh tangki tipe 1 dengan tangki tipe 2 sangat jauh perbedaannya. Hal ini dikarenakan pada tangki tipe 2 dilakukan pengecilan ketebalan *shell plate* sehingga ketika diberikan beban yang sama, maka tangki pada tipe 2 akan mengalami *stress* yang lebih besar. Tetapi ketika dilihat antara tangki tipe 2 dan tangki tipe 3 yang memiliki ketebalan *shell plate* yang sama tetapi tangki tipe 3 mengalami *stress* yang lebih kecil. Hal ini terjadi karena pada tangki tipe 3 diberikan *ring girder* yang memperkuat *shell plate* pada tangki. Dan ketika dilihat *stress* yang terjadi pada tangki tipe 4, maka tangki tersebut mengalami *stress* maksimal terbesar dibandingkan 3 tangki yang lainnya. Hal ini karena tangki tipe 4 adalah tangki dengan *shell plate* paling kecil dan tidak diberikan ring girder.

Akhirnya, penulis dapat membandingkan antara tangki yang didesain sesuai dengan data lapangan dengan 3 tipe tangki lain yang dibuat dengan menggunakan cara *trial and error*. Sehingga dari perbandingan ini, penulis dapat memilih tangki mana yang lebih efisien.

Tabel 5.7 Perbandingan Perilaku Masing-masing Tangki

Tipe Tangki	Massa (Ton)	Deformasi Maksimal(mm)	Stress Maksimal (kPa)
1	243,710	9,51	172.020
2	221,070	4,94	249.950
3	244,980	4,05	173.880
4	196,900	5,17	308.920

Pada tabel 5.7 dapat dilihat jelas bagaimana perilaku dari masing-masing tangki. Bagaimana perilaku tangki tipe 1 yang merupakan tangki yang diambil

data sesuai dengan tangki sebenarnya. Dengan ketebalan *shell plate* yang berbeda per ketinggiannya memiliki massa sebesar 243,710 ton. Dengan kata lain tangki tipe 1 menggunakan material baja sebanyak 243,710 ton. Dengan deformasi sebesar 9,51 mm dan *stress* maksimal sebesar 172.02 kPa. Tangki tipe 2 dengan *shell plate* yang sama dari paling bawah sampai ke paling atas dengan tebal *shell plate* 10 mm menggunakan material baja sebanyak 221,070 ton. Dengan deformasi sebesar 4,94 mm dan *stress* sebesar 249.95 kPa. Sedangkan tangki tipe 3 yang memiliki *shell plate* yang sama dengan tangki tipe 2 tetapi menggunakan *ring girder* menggunakan material baja sebanyak 244,980 ton. Dengan deformasi sebesar 4,05 dan *stress* sebesar 172.88 kPa. Sedangkan tangki tipe terakhir yaitu tangki tipe 4 dengan *shell plate* paling tipis yaitu 9 mm. Menggunakan material baja sebanyak 196,9 ton. Dengan deformasi sebesar 5,17 mm dan *stress* sebesar 308.92 kPa.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

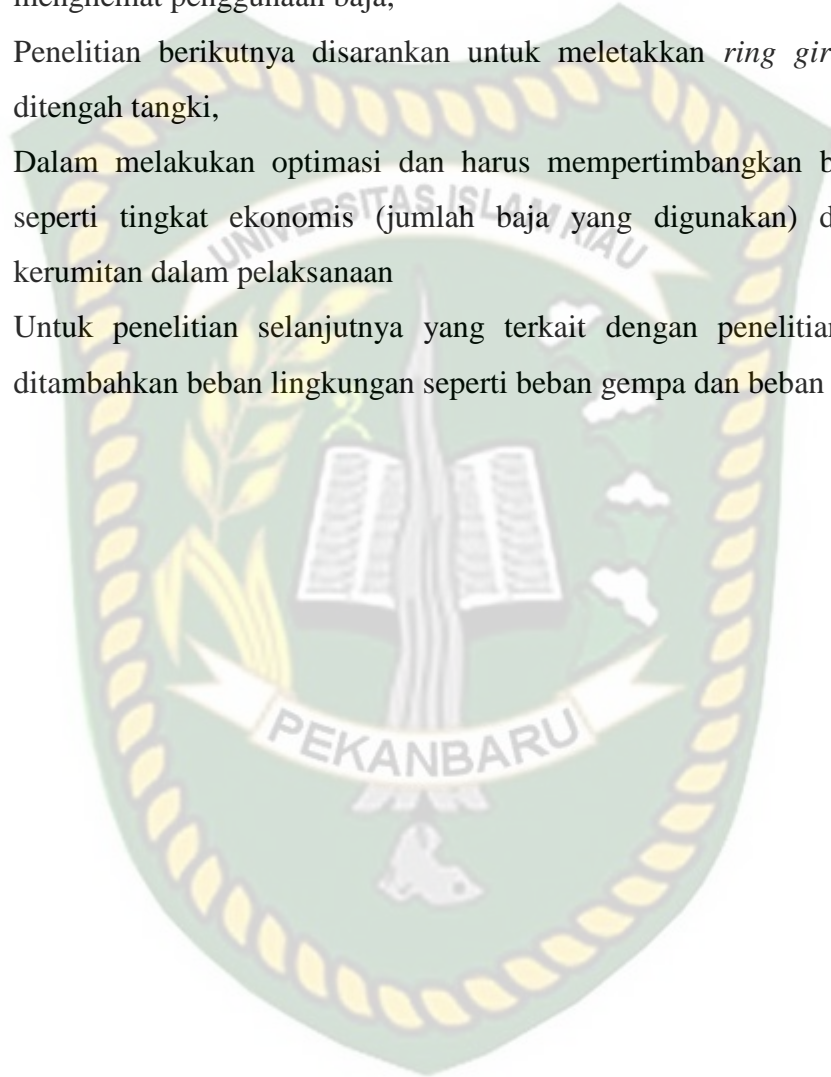
1. Kesimpulan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa kesimpulan yang dapat digunakan sebagai referensi dan landasan pengetahuan pada penelitian-penelitian selanjutnya.

1. *Shell plate* tangki tipe 1 mengalami deformasi akibat beban fluida yang diberikan berbeda antara pelat satu dengan pelat lainnya. Dimana *shell plate* bawah akan menerima beban hidrostatis yang lebih besar dari pada *shell plate* di atasnya sehingga akan mengalami deformasi yang lebih besar. Kecuali pada *shell plate* yang bersentuhan dengan dasar tangki. Sedangkan nilai stres maksimalnya sebesar 172.020 kPa.
2. Melihat perilaku dari tangki tipe 1 terhadap beban internal yang diberikan. Maka penulis melakukan percobaan dengan mengganti ketebalan *shell palte* pada tangki dan ada tangki yang diberikan *ring girder*. Dan didapatkan pada tangki tipe 2 nilai deformasi maksimalnya sebesar 4,94 mm. Sedangkan nilai stres maksimalnya sebesar 249.950 kPa. Dan pada tangki tipe 3 didapat nilai deformasi sebesar 4,04 mm, sedangkan nilai stresnya sebesar 173.880 kPa. Dan yang terakhir tangki tipe 4 mengalami nilai deformasi sebesar 5,17 mm, dan nilai stresnya sebesar 308.920 kPa.
3. Sehingga setelah dilakukan percobaan pada 3 tangki lain, maka penulis memilih tangki tipe 4 menjadi tangki yang lebih efisien dan efektif. Karena nilai deformasi yang kecil walaupun nilai stres besar, namun tangki tipe 4 adalah tangki dengan penggunaan material baja terkecil.

2. Saran

1. Dalam pelaksanaan pembangunan tangki timbun, makanya ada baiknya menggunakan *ring girder* karena pengaruhnya sangat besar dan dapat menghemat penggunaan baja,
2. Penelitian berikutnya disarankan untuk meletakkan *ring girder* berada ditengah tangki,
3. Dalam melakukan optimasi dan harus mempertimbangkan banyak hal, seperti tingkat ekonomis (jumlah baja yang digunakan) dan tingkat kerumitan dalam pelaksanaan
4. Untuk penelitian selanjutnya yang terkait dengan penelitian ini, bisa ditambahkan beban lingkungan seperti beban gempa dan beban angin.



DAFTAR PUSTAKA

API Standart 650, 2013. *Welded Steel Tank For Oil Storage 12th Edition*. American Petroleum Institute, Washington, D.C

Hjelmstad,K,D, 2005. *Fundamentals of Structural Mechanics 2nd edition*. University of Illinois, Urbana

Fathoni,I,N, 2011. *Studi Perilaku Tangki Minyak Pelat Baja Terhadap Beban Internal dan Beban Seismik*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok

Rahim,SA, Dkk,2014.*Studi Kasus Lendutan Plat Berbasis Metode Elemen Hingga Dengan Program SAP2000*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok

Atrasani dkk, 2017. *Desain dan Pemodelan Pada Storage Tank Kapasitas 50.000 KL (Studi Kasus PT. Pertamina Region V TBBM Tuban*

Apriani,W, 2011. *Pelat dan Cangkang*. Program Pendidikan Pasca Sarjana, Universitas Indonesia, Depok

Sulaeman,S, 2012. *Tangki Timbun*. Pertamina Unit Pengolahan V, Balikpapan

Dicky, 2017. *Makalah Tangki Timbun*.

Sinaga,J. 2016. *Tank Storage*.