

PERENCANAAN TANKI TIMBUN KAPASITAS 80.000 L DI PT. AGIP LUBRINDO PRATAMA (ALP) PASURUAN – JATIM

Agus Suprpto¹, M.Yusuf Arnold², Devi Susiati³, Lalak Indiyono⁴
^{1,2,4} Program Studi Teknik Mesin – Universitas 45 Surabaya
³ Program Studi Teknik Industri – Universitas 45 Surabaya
Email: ²yusufarnol74@gmail.com, ³devisusiati@univ45sby.ac.id

ABSTRAK

PT. Agip Lubrindo Pratama (ALP) Pasuruan memerlukan penambahan kapasitas penyimpanan oli akibat meningkatnya permintaan produk pelumas. Penelitian ini bertujuan merencanakan tangki timbun kapasitas 80.000 liter sesuai standar API 650 edisi ke-12. Perencanaan meliputi penentuan dimensi tangki, ketebalan *shell plate*, *roof plate*, dan *bottom plate*.

Metode yang digunakan adalah studi literatur, pengumpulan data lapangan, dan perhitungan mekanis berdasarkan standar API 650. Tangki direncanakan menggunakan tipe *fixed support cone roof* dengan diameter 3,8 m dan tinggi 7,5 m menggunakan material ASTM A36.

Hasil perencanaan menunjukkan ketebalan *shell plate* berturut-turut 8 mm, 8 mm, 6 mm, 6 mm, dan 6 mm. Ketebalan *bottom plate* sebesar 10 mm dan *roof plate* sebesar 6 mm dengan sudut *roof* 4,76°. Hasil pemeriksaan *uplift* menunjukkan tekanan sebesar 16 kPa sehingga tangki dinyatakan aman tanpa *anchor*. Dengan demikian, desain tangki timbun kapasitas 80.000 liter telah memenuhi persyaratan API 650 dan layak digunakan sebagai acuan perencanaan tangki penyimpanan oli.

Kata Kunci : API 650, Oli Pelumas, *Storage Tank*, *Shell Plate*, *Roof Plate*

PENDAHULUAN

Tanki merupakan wadah penyimpanan *fluida* yang sering digunakan di berbagai industri seperti perminyakan, petrokimia, dan industri lainnya. Tanki timbun tidak hanya untuk penyimpanan *fluida* / produk dan bahan baku tetapi juga untuk menjaga produk atau bahan baku dari kontaminan yang dapat menurunkan kualitas dari produk dan bahan baku [1]. Tangki timbun (*Storage Tank*) adalah salah satu komponen penting dalam perindustrian di Indonesia, baik itu industri proses maupun industri distribusi. Penggunaan tangki timbun sebagai media penampungan hasil produksi dan bahan baku dirasa menjadi poin yang krusial keberadaannya dalam suatu industri. Dalam hal ini PT. Agip Lubrindo Pratama yang merupakan perusahaan dengan produk oli pelumas berfungsi sebagai penerimaan, penimbunan dan pendistribusian dengan tujuan menjamin proses pendistribusian oli pelumas memenuhi target produksi serta permintaan pasar dan tersalurkan dengan baik dan merata, untuk menunjang kebutuhan perindustrian. Dengan selalu memperhatikan aspek ekonomis akan profit yang berupa penekanan akan jaminan ketersediaan produk dan kelancaran proses *in and out* di PT. Agip Lubrindo Pratama Pasuruan.

Saat ini PT. Agip Lubrindo Pratama Pasuruan memiliki kapasitas penampungan total tangki hingga 45.306 kL atau kurang lebih 15 tangki, digunakan menampung produk jenis pelumas automotive (Oli mesin diesel, Mobil, Sepeda motor, Oli Transmisi dan lain-lain), dan Oli industrial (Oli Hidrolis, Oli kompresor, Oli Turbin dan lain-lain) [2]. Dengan meningkatnya penjualan produk oli mesin otomotif dan proyeksi serta prospek pasar (konsumen) maka dalam waktu dekat diperlukan penambahan kapasitas tangki dengan kapasitas volume yaitu 80.000 L. Oleh karena itu diperlukan perencanaan dan pembuatan tangki timbun kapasitas 80.000 L.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara merencanakan Tanki Timbun dengan kapasitas 80.000 L dengan memperhatikan parameter perencanaan tangki timbun sehingga dapat diketahui dimensi atau ukuran tangki timbun baik volume (kapasitas), tebal plat atap/roof, tebal plat shell/dinding dan tebal plat bottom/dasar. Bahwa dalam hal ini yang dipakai terhadap ketebalan plat dinding, atap dan bottom berdasarkan rekomendasi dari pengalaman PT. Agip Lubrindo Pratama pada tangki timbun yang sudah dianalisa umur pakainya. Tujuan Perencanaan dan Pembuatan Tanki Timbun tersebut yaitu mengetahui tata cara dan tahapan perencanaan tangki timbun dan merencanakan konstruksi tangki timbun pada setiap bagianya (volume Tanki, Tebal plat roof (atap), Tebal shell (dinding), dan Tebal plat bottom (dasar)).

TINJAUAN PUSTAKA

Tangki pada dasarnya dipakai sebagai tempat penyimpanan material baik berupa benda padat, cair, maupun gas. Dalam mendesain tangki, seorang perencanaan harus merencanakan pembuatan tangki dengan baik terutama untuk menahan beban yang terjadi. Jika tangki tidak direncanakan dengan baik, maka kerusakan pada tangki dapat mengakibatkan kerugian jiwa maupun materi yang cukup besar.

Desain dan keamanan tangki penyimpanan telah menjadi kekhawatiran besar. Seperti yang dilaporkan, kasus kebakaran dan ledakan tangki telah meningkat selama bertahun-tahun dan kecelakaan ini mengakibatkan cedera bahkan kematian. Tumpahan dan kebakaran tangki tidak hanya mengakibatkan polusi lingkungan, tetapi juga dapat mengakibatkan kerugian finansial dan dampak signifikan terhadap bisnis di masa depan karena reputasi industri.

Penggolongan Tangki Berdasarkan Tekanan

Secara umum tangki penyimpanan dapat dibagi menjadi dua bila diklasifikasikan berdasarkan tekanan internalnya [3] yaitu :

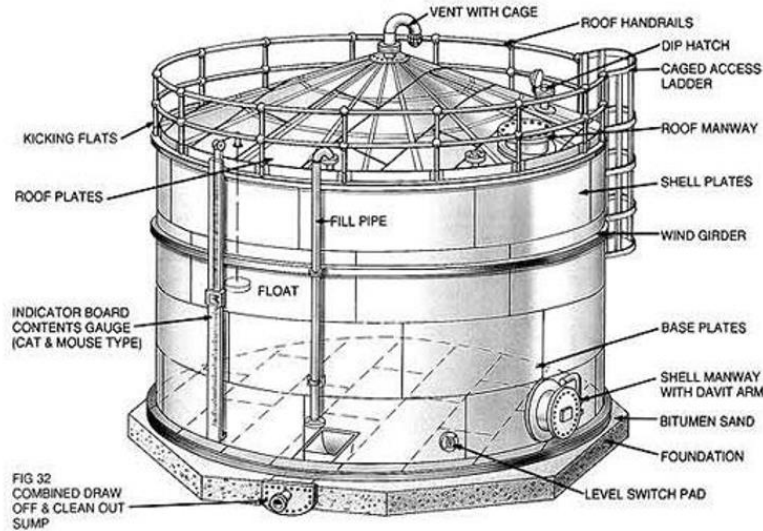
Tanki Atmosferik (*Atmospheric Tank*)

Terdapat beberapa jenis dari tangki timbun tekanan rendah (tangki atmosferik) ini yaitu :

a. *Fixed Cone Roof Tank*

Tangki jenis ini digunakan untuk menimbun atau menyimpan berbagai jenis *fluida* dengan tekanan uap rendah atau amat rendah (mendekati atmosferik) atau dengan kata lain *fluida* yang tidak mudah menguap [4] namun pada literatur lainnya menyatakan *bahwafixed roof (cone atau dome)* dapat digunakan untuk menyimpan semua jenis

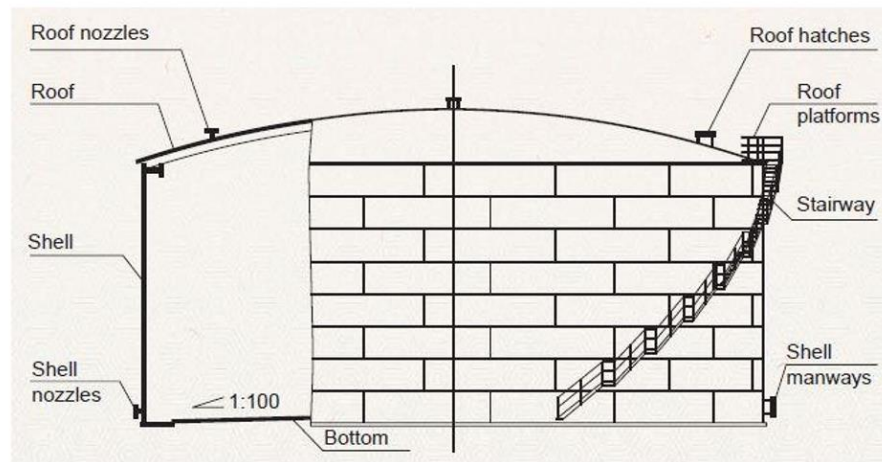
produk (*crude oil, gasoline, benzene, fuel*) termasuk produk atau bahan baku yang bersifat korosif, mudah terbakar, ekonomis bila digunakan hingga volume 2000 m^3 , diameter dapat mencapai 300 ft (91.4 m) dan tinggi 64 ft (19.5 m).



Gambar 1. *Fixed Cone Roof Tank*

b. *Fixed Dome Roof*

Tutup tangki jenis ini berbentuk cembung, jenis tangki ini biasanya untuk penyimpanan cairan kimia berskala besar [5]. Ekonomis bila digunakan dengan volume $> 2000 \text{ m}^3$ dan bahkan cukup ekonomis hingga volume 7000 m^3 .



Gambar 2. *Fixed Dome Roof Tank*

Baik *Fixed Cone Roof Tank* maupun *Fixed Dome Roof Tank* dapat memiliki internal *floating roof*, biasanya dengan penggunaan *floating roof* ditujukan untuk penyimpanan

bahan – bahan yang mudah terbakar atau mudah menguap , kelebihan dari penggunaan internal *floating roof* ini adalah level atau tingkat penguapan dari produk bisa dikurangi dan dapat mengurangi resiko kebakaran.

Pressure Tank

Tangki jenis ini dapat menyimpan *fluida* dengan tekanan uap lebih dari 11,1 psi dan umumnya *fluida* yang disimpan adalah produk – produk minyak bumi. Tangki jenis ini terdiri atas :

a. Tangki Peluru (*Bullet Tank*)

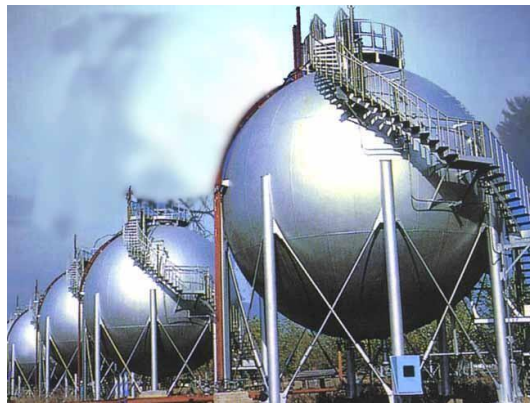
Tangki ini sebenarnya lebih dikenal sebagai *pressure vessel* berbentuk *horizontal* dengan volume maksimum 2000 barrel biasanya digunakan untuk menyimpan LPG, LNG , Propana, Butana , H₂, amoniak dengan tekanan diatas 15 psig [6].



Gambar 3. *Bullet Tank*

b. Tangki Bola (*Spherical Tank*)

Tangki bertekanan yang digunakan untuk menyimpan gas–gas yang dicairkan seperti LPG, O₂, N₂ dan lain–lain bahkan dapat menyimpan gas cair tersebut hingga mencapai tekanan 75 psi, volume tangki dapat mencapai 50000 barrel , untuk penyimpanan LNG dengan suhu -190 (cryogenic) tangki dibuat berdinding *double* dimana diantara kedua dinding tersebut diisi dengan isolasi seperti *polyurethane foam*, tekanan penyimpanan diatas 15 psig [7].



Gambar 4. *Spherical Tank*

c. Dome Roof Tank

Fungsi tangki ini adalah untuk menyimpan bahan-bahan yang mudah terbakar, meledak, dan mudah menguap seperti gasoline, bahan disimpan dengan tekanan rendah 0.5 – 15 psig [8].



Gambar 5. *Dome Roof Tank*

Persyaratan Untuk Elemen-Elemen Tangki

a. Material

Material yang dipakai dalam mendesain tangki ini adalah material yang direkomendasikan oleh Standar API 650 12 th ed 2013. yang secara kekuatan dan komposisinya telah sesuai standar [9]. Mengacu pada data sheet yang telah diperoleh material yang digunakan untuk shell adalah A.573-70, untuk roof yang digunakan adalah A.283-C, untuk bottom menggunakan A.283-C. Artinya material yang digunakan A 283 dengan grade C untuk pelat. Namun untuk struktur pendukung tetap menggunakan material A 36 or eq.

b. Plate

Ketebalan pelat untuk shell, roof dan bottom disesuaikan dengan standar desain dari Standar API 650 12 th ed 2013. ASTM yang digunakan adalah ASTM A 283 M / A 283 Grade C dengan ketebalan max 25 mm (1 in) dan ASTM A 573 -70 dengan ketebalan max 40 mm (1,5 in).

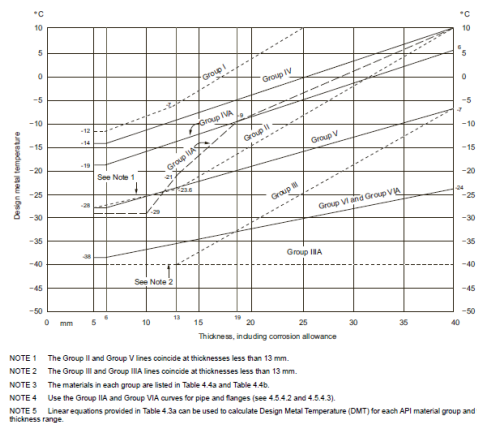


Figure 4.1a—Minimum Permissible Design Metal Temperature for Materials Used in Tank Shells without Impact Testing (SI)

Gambar 6. *Minimum Permissible Design Metal Temperature for Materials Used in Tank Shells without Impact Testing SI*

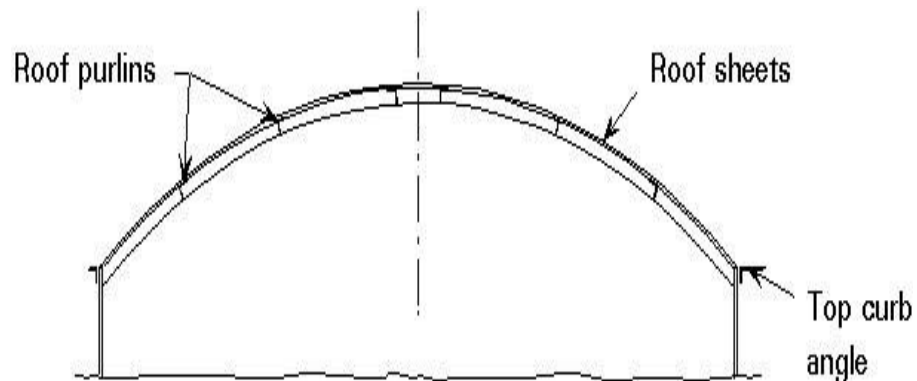
Ketebalan dan desain temperatur dari shell plates, shell reinforcing plates, shell insert plates dan bottom plates di las ke shell. Pelat untuk *manhole*, *nozzle*, *flanges* dll. Hidrostatik, tetapi ketebalan dinding tidak boleh kurang dari yang disyaratkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Tabel Ketebalan Shell Plate

Nominal Tank Diameter		Nominal Tank Diameter	
(See note 1)		(See note 2)	
(m)	(ft)	(m)	(ft)
<15	<50	5	3/16
15 - (<36)	50 - (<120)	6	1/4
36 - 60	120 - 200	8	5/14
>60	>200	10	3/8

c. Roof Plate

Merupakan pelat yang menyusun bagian atap dengan ketebalan minimal 5 mm. Menurut API Std 650, slope atap untuk supported cone roof tidak lebih dari $\frac{3}{4} : 12$ inch, adanya penambahan tebal pelat tergantung permintaan owner [10].



Gambar 7. Roof Plates

Pembebanan

Beban – beban yang mungkin terjadi pada tangki adalah sebagai berikut :

- Beban Mati (DL) : berat sendiri tangki ataupun komponen-komponen tangki termasuk juga korosi yang diijinkan.
- Tekanan luar rencana (Pe) : tidak boleh lebih kecil dari 0,25 kPa dan melebihi dari 6,9 kPa.
- Beban hidup atap minimum (Lr) : sebesar 1 kPa pada daerah proyeksi horizontal atap. Beban hidup atap minimum dapat ditentukan dengan ASCE 7, tetapi tidak kurang dari 0,72 kPa.
- Tinggi cairan yang disimpan (F): : beban yang terjadi ketika tangki diisi cairan dengan berat jenis yang telah direncanakan dan cairan tersebut diisi sampai batas ketinggian yang telah direncanakan.

- Tekanan Percobaan (Pt):
 - Untuk tekanan desain dan tes maksimum.
Ketika tangki telah dibangun seluruhnya, tangki tersebut harus diisi dengan air sampai sudut tertinggi tangki atau sampai ketinggian airrencana, dan tekanan udara internal rencana harus diaplikasikan padaruang tertutup diatas tinggi air dan dibiarkan selama 15 menit. Tekananudara tersebut kemudian dikurangi menjadi sebesar satu setengah daritekanan rencana, dan semua sambungan las diatas tinggi air harusdiperiksa untuk mengecek adanya kebocoran. Lubang angin tangkiharus diuji selama tes berlangsung atau setelah tes selesai dilaksanakan.
 - Untuk tangki berpondasi dengan tekanan desain sampai 18 kPa.
Setelah tangki diisi dengan air, badan tangki dan pondasi harus diperiksa keketatan sambungannya. Tekanan udara sebesar 1,25 kalitekanan rencana harus diaplikasikan pada tangki yang dipenuhi airsampai pada ketinggian air rencana. Tekanan udara kemudian dikurangimenjadi sebesar tekananrencana, dan tangki lalu diperiksa kembalikeketatan sambungannya. Sebagai tambahan, semua sambungan di atasbatas air harus diperiksa dengan menggunakan soap film dan materiiallain yang sesuai untuk mendeteksi kebocoran. Setelah pemeriksaan, airharus dikosongkan dari tangki (dan tangki sedang dalam tekananatmosfir), pondasi harus diperiksa keketatan sambungannya. Tekananudara desain kemudian harus diaplikasikan pada tangki untukpemeriksaan akhir pondasi.
- Angin (W): Kecepatan angin rencana (V) adalah sebesar 190 km/jam. (120 mph) dengan tekanan angin rencana pada arah horizontal sumbutangki sebesar 1,44 kPa dan pada arah vertikal sumbu tangki sebesar 0,86kPa.

METODE PENELITIAN

Studi Literatur

Dalam perencanaan tanki timbun kapasitas 80.000 Liter ini diperlukan sumber-sumber literatur, referensi dan data –data yang berkaitan dengan perencanaan tanki timbun untuk diajukan sebagai acuan dan dasar penyusunan tugas akhir. Literatur dan referensi tersebut digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada, adapun literatur yang digunakan berupa handbook tentang pembuatan tangki timbun Standart API 650, journal dan literatur lain yang berhubungan dengan perancangan tangki timbun berjenis supporting cone roof dan lain sebagainya.

Pengumpulan Data

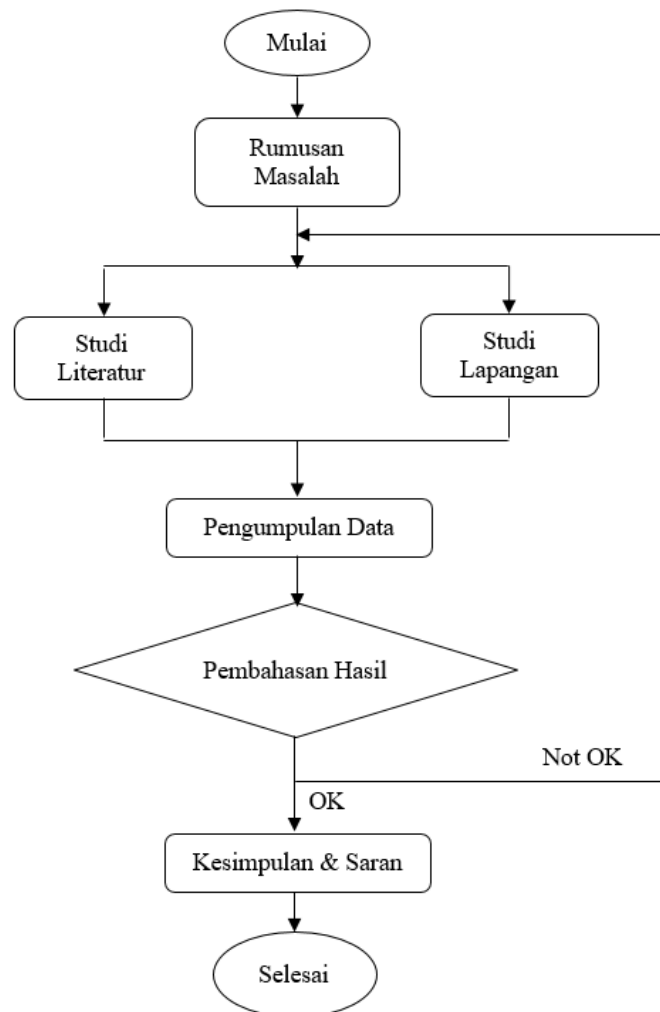
Pengumpulan data perancangan tangki timbun Oli meliputi gambar dan desain tangki, produk yang diolah dan lain -lain. Untuk data –data yang didapatkan yaitu :

Design code	: API 650-12th Edition
Type of tank	: above ground welded steel tank
Service (liquid contents)	: Oli ()
Nominal capacity	: 80,000 liter.
Roof type	: Fixed support cone roof

Tank diameter(D) : 3800 mm (3.8 m) base on existing
Tank height (H) : 7500 mm (7.5 m) base on existing
Liquid Specific Grafity (G) : 0.895

Corrosion allowance (CA)

Bottom plate : 3.00 mm
Shell plate : 3.00 mm
Roof plate : 1.00 mm
Joint Efficiency (E) : 0.85
Material specification : ASTM A 36
Allowable Stress for design condition (Sd) : 160 MPa
Allowable Stress for hydrostatic condition (St) : 171 MPa



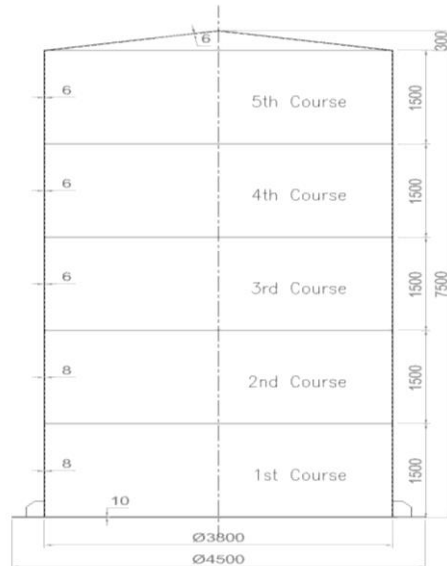
Gambar 8. Flowchart Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua perhitungan dalam tanki ini mengacu pada API standart 650 “Welded Steel Tanks for Oil Storage” Edisi kesepuluh, November 1988. Hasil perhitungan merupakan peraturan minimum, namun dalam pelaksanaan pembangunan tanki dapat menggunakan dimensi ataupun grade material yang lebih tinggi dengan mempertimbangkan faktor yang dipengaruhi oleh perubahan ini.

Perhitungan *Shell Plate*

Ketebalan minimum shell plate ditentukan menurut persyaratan pada Table A-4a. Untuk diameter tanki 3.8 m, termasuk dalam range diameter tanki antara < 15ft (4.5 m), maka tebal minimum Shell Plate yang diinginkan adalah 5mm. Susunan plat dinding dapat dilihat pada gambar 3.2. dimana lapisan pertama (1st course) merupakan lapisan yang terletak tepat diatas annular plate dan memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan lapisan-lapisan di atasnya. Sedangkan lapisan dinding teratas (5th course) merupakan lapisan dengan ketebalan terkecil namun tidak lebih kecil dari tebal minimum yang diisyaratkan.



Gambar 9. *Shell plate courses*

Hasil perhitungan ketebalan minimum Shell Plate dari lapisan paling bawah sampai bagian teratas dengan memakai metode one-foot method yang ditentukan berdasarkan dua kondisi cairan sebagai berikut :

$$H = 7500 \text{ mm } D = 3800 \text{ mm}$$

$$H L = 7200 \text{ mm (tinggi level liquid) dan } h_1 = 1.524 \text{ m (lebar plat)}$$

$$\text{Maka direncanakan : } H_d = 7.5 \text{ m}$$

Untuk $H_d = H_t$ sebagai ukuran tinggi dari tanki

Disini kita menggunakan tebal minimum plat A 36 sebesar 6 mm sesuai standart di pasaran. Dari hasil kedua perhitungan diatas diambil tebal plat yang paling besar nilainya untuk tebal pelat dinding yang akan digunakan yaitu :

1st course : t1 = 8 mm 2nd course : t2 = 8 mm
3rd course : t3 = 6 mm 4th course : t4 = 6 mm
5th course : t5 = 6 mm

Tabel 2. Berat total Shell Plate (*Wshe*)

No.	Description	Nom.Thk mm	Width mm	Cicumferencial mm	Surfacearea m ²	Weight kg
1	Course #1	8	1524.0	11957.1	18.2	1144.4
2	Course #2	8	1524.0	11957.1	18.2	1144.4
3	Course #3	6	1524.0	11950.8	18.2	857.8
4	Course #4	6	1524.0	11950.8	18.2	857.8
5	Course #5	6	1524.0	11950.8	18.2	857.8
Total			6096.0		72.8	4004.4

Perhitungan Top Angel

Diameter tangki yang direncanakan sebesar 3.8 m kurang dari 11m maka digunakan profil siku untuk top angel tidak kurang dari 51x51x4.8 mm sesuai dengan yang diisyaratkan API Std 650 Pasal 3.1.5.9.e, dimana yang dipilih profil siku L 50x50x5mm.

Radius dari top angel = 1974 mm Berat per unit = 4.43 kg

Minimum panjang dari diameter tangki dari top angel Lg

$Lg = 2\pi R$, maka :

$Lg = 2 \times 3.14 \times 1974 = 12,397 \text{ mm}$

Estimasi berat top angel keseluruhan :

$Lg / 1000 \times \text{berat top angel per unit} = 12,397 / 1000 \times 4,43 = 54.92 \text{ kg/m}$

Perhitungan Atap (Roof)

Tipe atap yang digunakan yaitu *supported cone roof* yang terdiri dari pelat atap, *rafter*, dan kolom. Dengan *slope* atap 1 : 12 maka $\alpha = 4.76^\circ$. *Corrosion allowance* yang diberikan untuk pelat atap sebesar 3.00 mm.

Tebal *roof* = 6mm R = 1974 mm

$\Theta = 4.76$

Maka

$R \text{ dev} = R : \cos \Theta = 1974 : \cos 4.76 = 1981 \text{ mm}$

$D \text{ dev} = 2.R = 2 \times 1981 = 3962 \text{ mm}$

$Cr = 2\pi r$

$= 3.14 \times 1974^2 \text{ mm} = 12,397 \text{ mm}$

$\beta = 2 \times Cr : D \text{ dev}$

$= 2 \times 12,397 : 3962 = 6.26 \text{ rad (} 358^\circ \text{)}$

$Y = 360 - 358 = 2^\circ$

$A = (\beta : 360) \times \pi : 4 \times 3.962^2 \text{ mm}$

$= (2 : 360) \times 3.14 : 4 \times 3.962^2 \text{ mm} = 12,254,035 \text{ mm}$

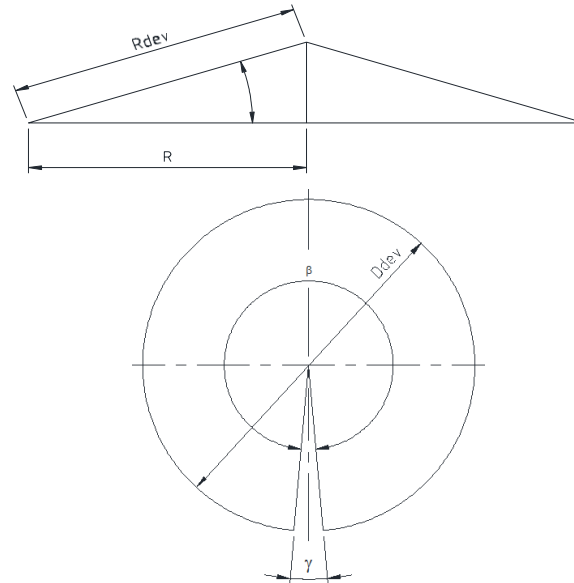
Berat *Roof* $Wr = A \times t \times p$

$= 12,254,035 \times 6 \times 7.85E-06 = 577 \text{ kg}$

dimana : $p = 7.85E-06 \text{ kg/mm}^2$ (*density stell A 36*)

berat dari *weld of weld* ($W \text{ weld}$) = 2 % x $Wr = 0.02 \times 577 = 11.54 \text{ kg}$

Total berat *roof* = $Wr + W \text{ weld} = 577 + 11.40 = 588 \text{ kg}$



Gambar 10. Perhitungan Roof

KESIMPULAN DAN SARAN

• Kesimpulan

Maka sesuai hasil perhitungan perencanaan tanki timbun tersebut maka didapat tanki timbun dengan spesifikasi sebagai berikut :

<i>Diameter Tanki</i>	: 3800 mm
<i>Diameter Bottom Plate</i>	: 4500 mm
<i>Tebal Bottom Plate</i>	: 10 mm
<i>Tinggi Shell</i>	: 7500 mm

Tabel 7. Tebal Shell Plate

<i>Course Number</i>	<i>Design (mm)</i>	<i>Owner (mm)</i>
<i>Tebal Shell 1st Course</i>	4,21	8
<i>Tebal Shell 2nd Course</i>	3,98	8
<i>Tebal Shell 3rd Course</i>	3,70	6
<i>Tebal Shell 4th Course</i>	3,44	6
<i>Tebal Shell 5th Course</i>	3,19	6

<i>Sudut Roof</i>	: 4.76°
<i>Tebal Roof</i>	: 6 mm
<i>Top Angle (Sabuk penguat di shell bagian atas)</i>	: L50x50x5mm
<i>Rafter</i>	: UNP 100x50x5mm

• Saran

Dari proses perancangan Tanki Timbun Kapasitas 80.000 Liter hendaknya perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Memperhatikan lokasi area penempatan tanki timbun sehingga tepat perencanaan ukuran diameter dan ketinggian sesuai.

2. Jenis Material sesuai dengan yang ada dipasaran.
3. Analisa Beban yang tepat dan aman.
4. Memperhatikan jenis fluida yang dipakai.
5. Memperhatikan hasil analisa / pengamatan terhadap tanki timbun existing khususnya laju korosi material roof, shell dan bottom tanki sehingga perencanaan bisa mempertimbangkan pengurangan ketebalan plat dan umur pakai tanki timbun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute (API 650), *Welded Tanks for Oil Storage (13th Edition)*. Washington DC: American Petroleum Institute., 2020.
- [2] ASME International, *Pipe Flanges and Flanged Fittings ASME B16.5*. New York: ASME., 2021.
- [3] ASTM International, *ASTM A36/A36M Standard Specification for Carbon Structural Steel*. Pennsylvania: ASTM International, 2021.
- [4] S. F. Daryavarsari and R. Nascimbene, “Assessment of Steel Storage Tank Thickness Obtained from the API 650 Design Procedure Through Nonlinear Dynamic Analysis , Accounting for Large Deformation Effects,” 2025.
- [5] J. A. Serafim, “Análise comparativa de dimensionamento de tanques verticais para armazenamento de água de utilizando as normas API 650 , AWWA D-100 e NBR 7821 Comparative analysis of the designing of vertical tanks for water storage according to API 650 , AWWA D-100 and , NBR 7821 standards,” pp. 26074–26091, 2021, doi: 10.34117/bjdv7n3-352.
- [6] S. Mechanics, “Dynamic analysis of aboveground steel storage tanks over stiff soil,” vol. 59, no. 1, pp. 44–50, 2022, doi: 10.1007/s11204-022-09782-y.
- [7] K. Wu, W. Gong, H. Ke, H. Hu, and L. Chen, “Heliyon Impact of elevated first and second trimester white blood cells on prevalence of late-onset preeclampsia,” *Heliyon*, vol. 8, no. 11, p. e11806, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11806.
- [8] B. Sun *et al.*, “Wind Buckling Analysis of a Large-Scale Open-Topped Steel Tank with Harmonic Settlement-Induced Imperfection,” 2022.
- [9] V. Barrel, B. Standar, and A. P. I. Di, “PERANCANGAN TANGKI TIMBUN CRUDE OIL DENGAN WORKING,” vol. 5, no. November, pp. 324–333, 2025.
- [10] I. No *et al.*, “MENGUNAKAN METODE ONE-FOOT 1 Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur , Jurusan Teknik Permesinan Kapal , Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.