

Perancangan Tangki *Stainless Steel* untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m³

Pekik Mahardhika, Ayu Ratnasari

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Indonesia
pekikmahardhika@ppns.ac.id

Abstrak

Tangki merupakan wadah penyimpanan yang sering dipakai di berbagai industri seperti petrokimia, pengilangan, dan perminyakan. Tangki penyimpanan tidak hanya menjadi tempat penyimpanan untuk produk dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku. Selain itu, tangki juga dapat menjaga produk atau bahan baku dari kontaminan. Minyak kelapa murni adalah minyak yang dibuat dari bahan baku kelapa segar. Minyak kelapa murni memiliki daya simpan lebih dari 12 bulan sehingga diperlukan tangki penyimpanan yang memadai demi menjaga produk dari kontaminasi. ASTM 304, ASTM 316L, dan S32304 merupakan *stainless steel* yang digunakan untuk material plat tangki penyimpanan minyak kelapa murni. *Stainless steel* merupakan baja tahan korosi sehingga diharapkan dapat menjaga kualitas produk minyak kelapa murni. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tangki penyimpanan minyak kelapa murni menggunakan *stainless steel*. Tangki penyimpanan dirancang memiliki kapasitas 75 m³. Tangki dirancang dengan membandingkan antara API 650 dengan BS 2654. Hasil perhitungan didapatkan ketebalan plat *shell* aktual 6 mm, ketebalan plat dasar aktual 6 mm, ketebalan plat dasar *annular* aktual 8 mm, dan ketebalan atap aktual 6 mm. Berdasarkan hasil perhitungan, tegangan pada tangki masih memenuhi syarat karena tegangan ijin tangki lebih besar dari tegangan akibat beban statis, tegangan *circumferensial*, dan tegangan *longitudinal*. Dengan demikian, desain tangki penyimpanan dapat dikatakan aman.

Kata kunci: API 650, BS 2654, minyak kelapa murni, *stainless steel*, tangki penyimpanan

Abstract

Tank is a storage container that is often used by various industries such as petrochemical, refining, and petroleum. Storage tanks isnot only a storage for products and raw materials but also maintain the fluency availability of products and raw materials. Furthermore, the tank can also keep products or raw materials from contaminants. Virgin coconut oil is oil made from fresh coconut. Virgin coconut oil has storability of more than 12 months, so that adequate storage tanks are required to keep the product from contamination. ASTM 304, ASTM 316L, and S32304 are stainless steels used for the material of the virgin coconut oil storage tank. Stainless steel is corrosion resistant steel so it is expected to maintain the quality of virgin coconut oil product. This research aims to design storage tank of virgin coconut oil using stainless steel material. The storage tank is designed to have a capacity of 75 m³. The tank is designed by comparing between API 650 and BS 2654. The calculation results obtained the actual thickness of the shell plate is 6 mm, the actual bottom plate thickness is 6 mm, the actual annular bottom plate thickness is 8 mm, and the actual roof thickness is 6 mm. Based on the calculation, tank stress is still accepted because the allowable stress of tank is larger than the stress due static load, circumferential stress, and longitudinal stress. Thus, the design of storage tank is safe.

Keywords: API 650, BS 2654, *stainless steel*, storage tank, virgin coconut oil

I. PENDAHULUAN

Tangki merupakan wadah penyimpanan yang sering dipakai diberbagai industri seperti industri petrokimia, pengilangan, perminyakan, dan lain-lain. Tangki penyimpanan tidak hanya menjadi

tempat penyimpanan untuk produk dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku. Selain itu, tangki juga dapat menjaga produk atau bahan baku dari kontaminan yang dapat menurunkan kualitas dari produk dan bahan baku. Kelapa merupakan salah satu jenis

pohon yang amat besar manfaatnya [1]. Salah satu manfaatnya adalah menjadi minyak kelapa murni. Minyak kelapa murni yang lebih dikenal dengan nama *Virgin Coconut Oil* (VCO) adalah minyak yang dibuat dari bahan baku kelapa segar dan diproses dengan pemanasan terkendali atau tanpa pemanasan sama sekali serta tanpa bahan kimia [2]. Minyak kelapa murni memiliki kandungan utama asam laurat yang mengandung sifat antibiotik, anti bakteri, dan jamur.

Minyak kelapa murni adalah produk dengan kadar airdan kadar asam lemak bebas yang rendah, berwarna bening, berbau harum, serta mempunyai daya simpan yang cukup lama yaitu lebih dari 12 bulan. Minyak kelapa murni memiliki daya simpan yang cukup lama sehingga diperlukan tangki penyimpanan yang memadai demi menjaga produk dari kontaminasi (akibat korosi ataupun kontaminasi yang lain). Penelitian ini bertujuan untuk merancang tangki penyimpanan minyak kelapa murni agar terhindar dari kontaminasi. Material yang digunakan dalam perancangan tangki adalah *stainless steel* ASTM 304, 316L, dan S32304. Material *stainless steel* tersebut tidak mudah korosi jika dibandingkan material baja karbon [3]. Tangki penyimpanan minyak kelapa murni dirancang untuk kapasitas 75 m³, dengan diameter tangki 4 m dan tinggi tangki 6 m. Sebagai bahan analisis, tangki penyimpanan minyak kelapa murni dirancang dengan membandingkan antara API 650 dengan BS 2654.

II. LANDASAN TEORI

Perancangan tangki penyimpanan minyak kelapa murni dilakukan melalui perhitungan volume tangki, berat muatan tangki, tebal plat tangki, plat dasar tangki, dan tegangan ijin tangki. Jenis material *stainless steel* yang digunakan meliputi ASTM 304, ASTM 316L, dan S32304. Komposisi kimia material *stainless steel* untuk beberapa *grade* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia *Stainless Steel*

Standar/ Grade	Komposisi Kimia					
	C	N	Cr	Ni	Mo	Other
ASTM/ Struktur						
304/ Austenitic	0,04	0,05	18,1	8,3	-	-
316L/ Austenitic	0,02	0,05	16,9	10,7	2,6	-
S32304/ Duplex	0,02	0,10	23	4,8	0,3	-

Perancangan tangki didasarkan pada beberapa formula berikut ini.

Formula untuk menghitung volume badan tangki dalam satuan m³ [4]:

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 t \quad (1)$$

Keterangan:

V = Volume badan tangki (m³)
D = Nominal diameter tangki (m)
t = Tinggi tangki (m)

Formula untuk menghitung berat muatan tangki dalam satuan kg [5]:

$$m = V \times \rho \quad (2)$$

Keterangan:

m = Berat muatan tangki (kg)
V = Volume badan tangki (m³)
 ρ = Massa jenis produk (kg/m³)

Formula untuk menghitung tegangan ijin tangki dalam satuan kg/mm² [6]:

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf_1 \cdot sf_2} \quad (3)$$

Keterangan:

σ_{ijin} = tegangan ijin tangki (kg/mm²)
 σ_y = kekuatan *yield* material (kg/mm²)
sf₁ = *safety factor* 1 (bernilai 2)
sf₂ = *safety factor* 2 (bernilai 4)

Tegangan *circumferensial* dan tegangan longitudinal terjadi karena adanya pengaruh fluida yang bekerja di dalam tangki. Formula untuk menghitung tegangan *circumferensial* adalah sebagai berikut [7]:

$$\sigma_c = \frac{PD}{2t} \quad (4)$$

Keterangan:

σ_c = Tegangan *circumferensial* (kg/mm²)
P = Tekanan dalam tangki (kg/mm²)
D = Nominal diameter tangki (mm)
t = Tebal aktual tangki (mm)

Formula untuk menghitung tegangan longitudinal adalah sebagai berikut [7]:

$$\sigma_l = \frac{PD}{4t} \quad (5)$$

Keterangan:

σ_l = Tegangan *circumferensial* (kg/mm²)
P = Tekanan dalam tangki (kg/mm²)
D = Nominal diameter tangki (mm)
t = Tebal aktual tangki (mm)

A. API 650

Menurut API 650, ketebalan *shell* yang dibutuhkan harus lebih besar dari ketebalan desain *shell* (sudah termasuk *corrosion allowance*) atau ketebalan *shell* pengujian hidrostatik, namun ketebalan *shell* tidak boleh kurang dari Tabel 2 [8].

Menurut API 650, perhitungan menggunakan *one foot method* digunakan untuk tangki yang kurang dari atau sama dengan dari 61 m (200 ft) nominal diameter tangki. Berdasarkan perhitungan ketebalan menggunakan *one foot method* API 650 *Welded Steel Tanks for Oil Storage* 5.6.3.2, ketebalan minimum yang dibutuhkan plat *shell* harus lebih besar dari pada nilai perhitungan dengan formula berikut [8].

$$t_d = \frac{4.9 D(H-0.3)G}{S_d} + CA \quad (6)$$

Ketebalan plat *shell* untuk kondisi pengujian hidrostatik harus lebih besar dari pada nilai perhitungan dengan formula berikut [8].

$$t_t = \frac{4.9 D(H-0.3)}{S_t} \quad (7)$$

Keterangan:

- t_d = Desain ketebalan *shell* (mm)
- t_t = Ketebalan *shell* untuk kondisi pengujian hidrostatik (mm)
- D = Nominal diameter tangki (m)
- H = Desain ketinggian cairan (m)
- G = Desain spesifik gravitasi
- S_d = Tegangan yang diijinkan untuk kondisi desain (MPa) / (N/mm²)
- S_t = Tegangan yang diijinkan untuk kondisi pengujian hidrostatik (MPa) / (N/mm²)
- CA = *Corrosion allowance* (mm)

Tabel 2. Ketebalan plat *shell* [8]

Nominal diameter tangki (m)	Nominal ketebalan plat (mm)
D < 15	5
15 ≤ D < 36	6
36 ≤ D ≤ 60	8
D > 60	10

Tabel 3. Ketebalan annular *bottom plate* [8]

Tebal nominal plat pada <i>shell course</i> yang pertama (mm)	Tegangan pada <i>shell course</i> yang pertama (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
t ≤ 19	6	6	7	9
19 < t ≤ 25	6	7	10	11
25 < t ≤ 32	6	9	12	14
32 < t ≤ 40	8	11	14	17
40 < t ≤ 45	9	13	16	19

Plat *annular* dasar tangki (*annular bottom plate*) sebaiknya tidak boleh kurang dari ketebalan plat yang terdapat pada Tabel 3 ditambah dengan *corrosion allowance*. Menurut API 650, plat dasar harus memiliki ketebalan minimum 6 mm. Penentuan ketebalan plat yang digunakan pada atap tangki (*roof*) dapat dihitung dengan menggunakan tabel 2 dengan ditambahkan dengan *corrosion allowance* [8].

B. BS 2654

Menurut BS 2654, maksimum tegangan desain yang diijinkan adalah 260 N/mm² pada temperatur ruangan untuk semua *course* tangki [9]. Ketebalan plat *shell* tidak boleh kurang dari Tabel 4 dan maksimum ketebalan plat adalah 40 mm.

Ketebalan minimum plat *shell* dihitung menggunakan formula berikut:

$$t = \frac{D}{20S} [98 w (H - 0,3) + p] + c \quad (8)$$

Keterangan:

- H = Tinggi tangki (m)
- D = Nominal diameter tangki (m)
- w = Densitas fluida (g/mL)
- p = Tekanan desain (mbar)
- c = *Corrosion allowance* (mm)
- S = Tegangan desain (N/mm²)

Menurut BS 2654, tebal plat *annular* dasar tangki tidak boleh kurang dari 6 mm. Semua tangki yang memiliki nominal diameter 12,5 m harus memiliki ketebalan minimum *annular* plat dasar tangki sesuai aturan berikut:

1. 8 mm, ketika tebal plat dasar tangki 19 mm atau kurang
2. 10 mm, ketika tebal plat dasar tangki lebih dari 19 mm sampai 32 mm
3. 12,5 mm, ketika tebal plat dasar tangki lebih dari 32 mm

Menurut BS 2654, plat dasar tangki juga harus memiliki ketebalan minimum 6 mm. Ketebalan yang digunakan pada atap tangki (*roof*) tidak boleh kurang dari 5 mm.

Tabel 4. Minimum ketebalan plat *shell* [9]

Nominal diameter tangki (m)	Ketebalan plat yang ditentukan (mm)
D < 15	5
15 ≤ D < 30	6
30 ≤ D < 60	8
60 ≤ D < 75	10
75 ≤ D < 100	12
100 ≤ D	14

C. Beban Statis, Beban Angin, dan Beban Gempa

Formula untuk menghitung tekanan dalam tangki (*static load*) dengan satuan N/m^2 adalah sebagai berikut [10]:

$$P = \rho gh \tag{9}$$

Keterangan:

- P = Tekanan dalam tangki (N/m^2)
- ρ = Massa jenis produk (kg/m^3)
- g = Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
- h = Ketinggian setiap *shell course* (m)

Formula untuk menghitung beban angin (*wind load*) dalam satuan kN adalah sebagai berikut [11]:

$$WL = P \cdot Av \tag{10}$$

Keterangan:

- WL = Beban angin (kN)
- P = Tekanan desain angin (kN/m^2)
- Av = *Vertical Plane* (m^2)

Formula untuk menghitung beban gempa (*seismic load*) dalam satuan kg adalah sebagai berikut [11]:

$$V = Cv \cdot I \cdot \frac{W}{R} \cdot T \tag{11}$$

Keterangan:

- V = Beban gempa (kg)
- Cv = Koefisien gempa
- I = *Seismic importance factor*
- W = *Uniform load + Dead load* (kg)
- R = *Structural system*
- T = *Structure periode*

III. METODOLOGI

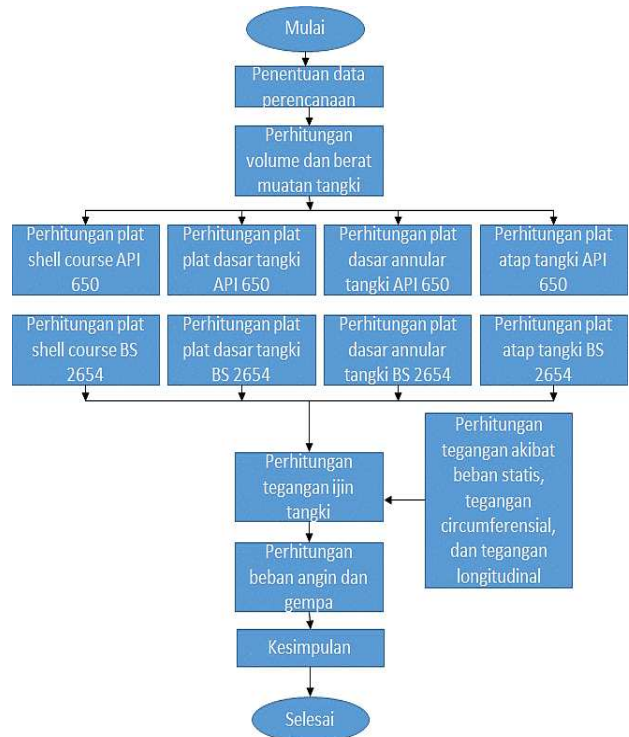
A. Bahan dan Peralatan

Dalam penelitian ini bahan dan peralatan yang digunakan adalah:

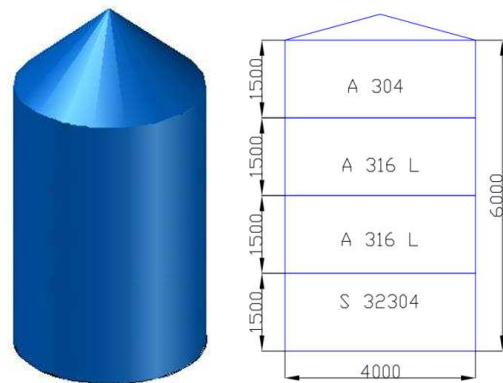
1. *Software* AutoCad
2. Data perancangan tangki penyimpanan minyak kelapa murni
3. *API 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage*
4. *BS 2654 Specification for: Manufacture of vertical steel welded non-refrigerated storage tankswith butt-welded shells for the petroleum industry*

B. Perancangan

Langkah-langkah perancangan dicantumkan pada diagram alir seperti pada Gambar 1, sedangkan rancangan tangki penyimpanan minyak kelapa murni kapasitas $75 m^3$ yang dibuat menggunakan perangkat lunak AutoCad dapat dilihat pada Gambar 2. Detail data tangki penyimpanan minyak kelapa murni dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan detail data materialnya dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Rancangan Tangki Kapasitas $75 m^3$

Tabel 5. Detail data perancangan tangki

Detail Tangki Penyimpanan	
Kapasitas Tangki	$75 m^3$
Diameter Tangki	4 m
Jari-jari Tangki	2 m
Tinggi Tangki	6 m
Ukuran plat <i>shell course</i>	3 m x 1,5 m
Jumlah <i>Shell Course</i>	4
Spesifik Gravitasi VCO	0,915
Massa jenis VCO	$915 kg/m^3$
<i>Corrosion Allowance</i>	0,5 mm
Massa jenis Material Plat	$7850 kg/m^3$
Temperatur Desain	40 °C

Tabel 6. Detail data material tangki

ASTM	API 650		BS 2654	Yield Strength (N/mm ²)
	Sd (N/mm ²)	St (N/mm ²)	S (N/mm ²)	
304	155	186	140	215
316L	145	155	146	205
S32304	180	360	267 (260) ^a	330

a) Batas maksimum yang diijinkan BS 2654 yaitu 260 N/mm²

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan tangki penyimpanan minyak kelapa murni menggunakan material duplex S32304 (*Course 1*), ASTM 316 L (*Course 2 dan 3*), dan ASTM 304 (*Course 4*). Perhitungan pada perancangan tangki minyak kelapa murni meliputi: (1) perhitungan volume dan berat muatan tangki; (2) perhitungan ketebalan plat *shell*, dasar tangki, *annular* dasar tangki, dan atap tangki berdasarkan API 650; (3) perhitungan ketebalan plat *shell*, dasar tangki, dan atap tangki berdasarkan BS 2654; (4) perhitungan tegangan disebabkan tekanan dalam tangki (*static load*); (5) perhitungan tegangan tegangan *circumferensial* pada tangki; (6) perhitungan tegangan longitudinal pada tangki; (7) perhitungan tegangan ijin tangki; (8) perhitungan beban angin (*wind load*) pada tangki; dan (9) perhitungan beban gempa (*seismic load*) pada tangki. Hasil perhitungan perancangan dapat dilihat pada Tabel 7 - Tabel 23.

Tabel 7 menunjukkan data detail perhitungan volume dan berat muatan tangki. Tabel 8 - Tabel 11 menunjukkan data perhitungan ketebalan plat *shell*, dasar tangki, *annular* dasar tangki, dan atap tangki berdasarkan API 650. Tabel 12 - Tabel 15 menunjukkan data perhitungan ketebalan plat *shell*, dasar tangki, *annular* dasar tangki, dan atap tangki berdasarkan BS 2654. Tabel 16 menunjukkan data perhitungan tegangan disebabkan tekanan dalam tangki (*static load*). Tabel 17 menunjukkan data perhitungan tegangan *circumferensial* pada tangki. Tabel 18 menunjukkan data perhitungan tegangan longitudinal pada tangki. Tabel 19 menunjukkan data detail perhitungan tegangan ijin pada tangki. Tabel 20 dan Tabel 21 menunjukkan data detail perhitungan beban angin. Pada Tabel 21 menunjukkan nilai kecepatan angin maksimal di Surabaya memiliki nilai 37,6 km/jam [13]. Tekanan angin memiliki nilai 0,209 kN/m² sehingga data perhitungan menunjukkan bahwa nilai *wind load* sebesar 512,8 kg. Tabel 22 dan Tabel 23 menunjukkan data detail perhitungan beban gempa. Tabel 22 menunjukkan data zona gempa pada area Surabaya kategori 4 dengan nilai *seismic zona factor* 0,4. Dengan demikian diperoleh data

perhitungan menunjukkan bahwa nilai *design seismic load* sebesar 82,366 kg.

Tabel 7. Detail perhitungan volume dan berat muatan tangki

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Volume Badan Tangki (m ³)	V	75,36 ≈ 75
2	Berat Muatan Tangki (kg)	m	68954,4

Tabel 8. Detail perhitungan ketebalan plat *shell course*

H (m)	td (mm)	tt (mm)	Nominal ketebalan plat (mm)	t _{shell} aktual (mm)
6	1,205	0,770	5	6
4,5	1,019	0,568	5	6
3,0	0,812	0,285	5	6
1,5	0,639	0,126	5	6

Tabel 9. Detail perhitungan ketebalan plat dasar tangki material S32304

Minimum tebal plat dasar tangki (mm)	t _{dasar} aktual (mm)
6	6

Tabel 10. Detail perhitungan ketebalan plat *annular* dasar tangki material S32304

S _d (N/mm ²)	S _t (N/mm ²)	c (mm)	t _{annular} (mm)	t _{annular} aktual (mm)
180	360	0,5	6,5	8

Tabel 11. Detail perhitungan ketebalan plat atap material ASTM 304

Nominal diameter tangki (m)	Ketebalan plat yang ditentukan (mm)	c (mm)	t _{atap} (mm)	t _{atap} aktual (mm)
4	5	0,5	5,5	6

Tabel 12. Detail perhitungan ketebalan plat *shell course*

H (m)	t (mm)	Nominal ketebalan plat (mm)	t _{shell} aktual (mm)
6	2,711	5	6
4,5	2,527	5	6
3,0	2,422	5	6
1,5	2,230	5	6

Tabel 13. Detail perhitungan ketebalan plat dasar tangki material S32304

Minimum tebal plat dasar tangki (mm)	t dasar aktual (mm)
6	6

Tabel 14. Detail perhitungan ketebalan plat annular dasar tangki material S32304

Nominal diameter tangki (m)	Tebal plat dasar tangki (mm)	t nominal (mm)	t annular aktual (mm)
4	6	8	8

Tabel 15. Detail perhitungan ketebalan plat atap tangki material ASTM 304

Minimum tebal plat atap tangki (mm)	t atap aktual (mm)
5	6

Tabel 16. Detail perhitungan tekanan dalam tangki

H (m)	ρ (kg/m ³)	P (N/m ²)	P (kg/mm ²)
6	915	53802,00	0,0055
4,5	915	40351,50	0,0041
3,0	915	26901,00	0,0027
1,5	915	13450,50	0,0014

Tabel 17. Detail perhitungan tegangan circumferensial

Standar	P (kg/mm ²)	D (mm)	t (mm)	σ_c (kg/mm ²)
API 650	0,0055	4000	6	1,828
BS 2654	0,0055	4000	6	1,828

Tabel 18. Detail perhitungan tegangan longitudinal

Standar	P (kg/mm ²)	D (mm)	t (mm)	σ_l (kg/mm ²)
API 650	0,0055	4000	6	0,914
BS 2654	0,0055	4000	6	0,914

Tabel 19. Detail perhitungan tegangan ijin tangki

ASTM	σ_y (kg/mm ²)	Sf ₁	Sf ₂	σ_{ijin} (kg/mm ²)
304	21,923	2	4	2,613
316L	20,904	2	4	2,740
S32304	33,65	2	4	4,206

Tabel 20. Detail data wind load dari UBC 1997 [12]

Combined Height (Ce) Exposure C Table 16-G	1,23
Pressure Coeficient for Structure (Cg) Table 16-H	0,8
Wind Stagnation Pressure (qs) Table 16-F (kN/m ²)	0,79
Importance Factor (Iw) Table 16-K	1,15

Tabel 21. Detail data perhitungan wind load

Parameter	Nilai	Unit
Wind Speed	37,6	km/hr
OD Shell Plate	4	m
Tinggi Tangki (H)	6	m
Vertical Plane (Av)	24	m ²
Pressure	0,209	kN/m ²
Wind Load (WL)	5,025	kN
Wind Load (WL)	512,8	kg
Momen Dasar Tanki Akibat WL (Mw)	1538,417	kg.m
Reaction Due to WL.RW (Pembebanan di ring wall)	442,074	kg
Reaction Due to WL.RW (Pembebanan di ring wall/keliling tangki)	35,285	kg/m

Tabel 22. Detail data seismic load dari UBC 1997 [12]

Zona Gempa Kota Surabaya	4
Seismic Zona Factor Table 16-I	0,4
Maximum Seismic Load	
Ca Table 16-Q	0,18
I Table 16-K	1,25
R Table 16-N	4,5
Ct (UBC 1997 Section 1630.2.2 Method A)	0,0731
hn	7,2
T	0,321
Cv (Table UBS 1997 16-R)	0,25

Tabel 23. Detail data perhitungan seismic load

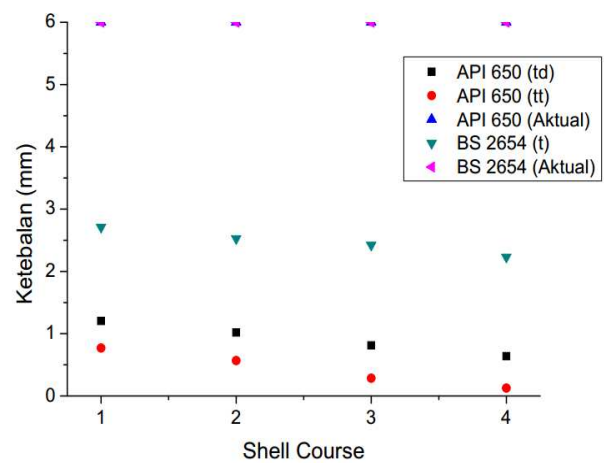
Parameter	Nilai	Unit
Seismic Factor	SUG II	-
Vmaks Design Seismic Load	381,09	kg
Vmin Design Seismic Load	75	kg
Design Seismic Load (V)	82,366	kg
Momen Dasar Tangki Akibat V	247,098	kg.m
Reaction Due to WL.RW (Pembebanan di ring wall)	57,733	kg
Reaction Due to WL.RW (Pembebanan di ring wall/keliling tangki)	4,608	kg/m

Ketebalan tangki di setiap *shell course* seperti pada Gambar 3 menunjukkan bahwa *shell course* tangki pertama memiliki ketebalan lebih besar dari pada *shell course* ke 3-4 berdasarkan API 650 ataupun BS 2654. Nilai ketebalan plat *shell course* berdasarkan BS 2654 menunjukkan lebih besar dari dibandingkan API 650. Ketebalan aktual *shell course* yang digunakan harus lebih besar atau sama dengan dari persyaratan ketebalan minimum API 650 dan BS 2654 yaitu 6 mm. Hal tersebut bertujuan agar tangki aman dari tegangan yang diakibatkan oleh beban statis, tegangan *circumferensial*, dan tegangan longitudinal. Ketebalan aktual *shell course* yang digunakan adalah 6 mm.

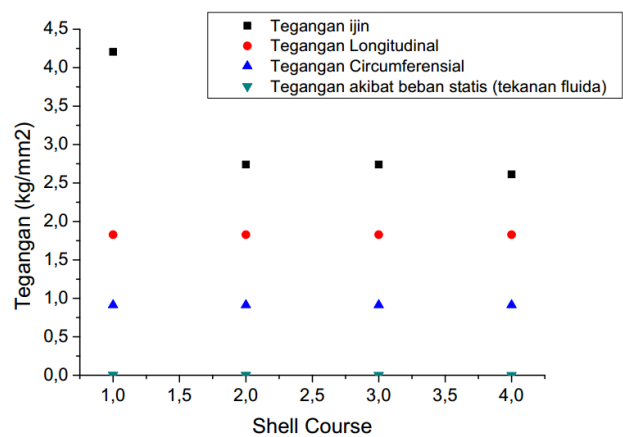
Tegangan yang terjadi pada tangki seperti pada Gambar 4 menunjukkan bahwa tegangan ijin pada *shell course* pertama paling tinggi karena menggunakan material *stainless steel duplex S32304* yang memiliki *yield strength* 33,65 kg/mm² dan lebih tinggi dari pada ASTM 304 dan 316L. Tegangan yang diakibatkan beban statis pada *shell course* pertama memiliki nilai yang paling tinggi tetapi semakin menurun jika di atas *shell course* pertama. Tegangan *circumferensial* memiliki nilai 1,828 kg/mm² dan tegangan longitudinal memiliki nilai 0,914 kg/mm². Tegangan ijin tangki lebih besar dari tegangan akibat beban statis, tegangan *circumferensial*, dan tegangan longitudinal. Hal ini dikarenakan tegangan ijin tangki lebih besar dari tegangan yang terjadi tersebut sehingga tangki bisa dikatakan aman.

V. KESIMPULAN

Perancangan tangki *stainless steel* untuk penyimpanan minyak kelapa murni kapasitas 75 m³ telah berhasil dilakukan. Tangki penyimpanan dirancang memiliki kapasitas 75 m³. Tangki dirancang dengan membandingkan antara API 650 dengan BS 2654. Hasil analisis perhitungan didapatkan bahwa ketebalan plat *shell* aktual 6 mm, ketebalan plat dasar aktual 6 mm, ketebalan plat dasar *annular* aktual 8 mm, dan ketebalan atap aktual 6 mm. Tegangan pada tangki yang dirancang masih memenuhi syarat karena tegangan ijin tangki lebih besar dari tegangan akibat beban statis, tegangan *circumferensial*, dan tegangan longitudinal. Dengan demikian, desain tangki penyimpanan minyak kelapa murni dapat dikatakan aman.



Gambar 3. Ketebalan *shell course* berdasarkan API 650 dan BS 2654



Gambar 4. Tegangan yang terjadi pada tangki

REFERENSI

- [1] Mulyadi and A. F. Alphanoda, "Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel", *JTERA-Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 1, pp. 15-22, Des. 2016.
- [2] Wikipedia. (2017) Minyak kelapa on Wikipedia. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak_kelapa.
- [3] Olson, A, "Utilizing High Strength Stainless Steel for Storage Tanks", *ACOM – Avesta Polarit Corrosion Management and Application Engineering*, vol. 2, pp. 1-10, 2003.
- [4] John. A, *Matematika Sekolah Dasar dan Menengah Jilid 2*, Jakarta: Erlangga Ciracas, 2008.
- [5] Crane, *Flow of Fluids Through Valve, Fittings, and Pipe, Technical paper 410M*. New York: Crane Co, 1982.
- [6] Sularso, *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*, Jakarta : PT.Pradnya Paramita, 2000.
- [7] Chamsudi. A, *Diktat-Piping Stress Analysis*, Jakarta: Chamsudi Copyright, 2005.
- [8] *Welded Steel Tanks for Oil Storage 12th*, API 650 Standard, 2013.

- [9] *Manufacture of vertical steel welded non-refrigerated storage tanks with butt-welded shells for the petroleum industry*, British Standard Institute BS 2654, 1989.
- [10] Wikipedia. (2018) Pressure homepage on Wikipedia. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure>.
- [11] *Civil structure calculation sheet of 2000 bbls tank capacity*, Klaras Pusaka Internasional, Jakarta, Indonesia.
- [12] *Uniform Building Code Volume 2*, UBC Standard, 1997.
- [13] Pemerintah surabaya. (2018) Pemerintah Surabaya website. [Online]. Available: <http://www.surabaya.go.id/berita/8227-geografi>.