

## **Prediksi Umur Pakai Material ASTM A283 Grade C sebagai Tangki Timbun Bahan Bakar Pertalite Menggunakan Metode NDT**

### ***Prediction of Lifetime of ASTM A283 Grade C Material as a Pertalite Fuel Storage Tank Using NDT Methods***

**Bagas Pristyan, Muh Amin**

S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author: [bagaspristyan27@gmail.com](mailto:bagaspristyan27@gmail.com)

#### **Abstrak**

Tangki penimbun (storage tank) merupakan komponen kritis dalam industri minyak dan gas, digunakan untuk menyimpan berbagai bahan cair seperti bahan bakar. Material ASTM A283 Grade C yang digunakan dalam pembuatan tangki ini rentan terhadap korosi, hal ini dapat mengancam integritas struktural tangki. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sisa umur pakai tangki penimbun berbahan ASTM A283 Grade C yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar minyak berjenis pertalite dengan menggunakan metode non-destructive test (NDT) menggunakan Ultrasonic Thickness Gauge (UTG). Metode yang digunakan untuk mengukur ketebalan dinding tangki adalah dengan menggunakan alat UTG pada lapisan-lapisan vertical yang membentuk dinding tangki. Data ketebalan yang diperoleh dianalisis untuk menentukan tingkat laju korosi sehingga dapat diketahui sisa umur pakai tangki. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketebalan minimum ditemukan pada lapisan ke-6 dengan nilai 5,20 mm, sedangkan lapisan ke-1 memiliki ketebalan tertinggi sebesar 11,37 mm. Dari perhitungan, lapisan ke-2 memiliki tingkat laju korosi tertinggi, dengan sisa umur pakai terendah yaitu 14 tahun. Berdasarkan standar API 653, umur operasional tangki di atas 20 tahun direduksi hingga maksimum 20 tahun. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tangki timbun low carbon steel berisi bahan bakar minyak jenis pertalite ini masih dapat digunakan secara aman, namun pemantauan berkala sangat diperlukan untuk memastikan keamanan operasionalnya.

**Kata Kunci :** Storage Tank, ASTM A283 Grade C, Ultrasonic Thickness Gauge, Laju Korosi, Sisa Umur Pakai.

#### **Abstract**

Storage tanks are critical components in the oil and gas industry, used to store various liquid materials such as fuel. The ASTM A283 Grade C material used in the manufacture of these tanks is susceptible to corrosion, which can threaten the structural integrity of the tank. This study aims to analyze the remaining service life of storage tanks made of ASTM A283 Grade C used to store Pertalite fuel oil using the non-destructive test (NDT) method using Ultrasonic Thickness Gauge (UTG). The method used to measure the thickness of the tank wall is by using the UTG tool on the vertical layers that form the tank wall. The thickness data obtained is analyzed to determine the corrosion rate so that the remaining service life of the tank can be determined. The test results show that the minimum thickness is found in the 6th layer with a value of 5.20 mm, while the 1st layer has the highest thickness of 11.37 mm. From the calculations, the 2nd layer has the highest corrosion rate, with the lowest remaining service life of 14 years. Based on API 653 standard, the operational life of the tank above 20 years is reduced to a maximum of 20 years. This study concludes that the low carbon steel storage tank containing pertalite type fuel oil can still be used safely, but regular monitoring is needed to ensure its operational safety.

**Keywords :** Storage Tanks, ASTM A283 Class C, Ultrasonic Thickness Gauge, Corrosion Rate, Lifetime.

## **PENDAHULUAN**

Tangki penimbun atau storage tank merupakan peralatan vital yang dibutuhkan dalam berbagai sektor industri, khususnya dalam industri minyak dan gas bumi. Tangki ini berfungsi untuk menyimpan berbagai cairan atau bahan mentah, seperti bahan bakar, pelumas, dan produk kimia lainnya, dengan tekanan tidak lebih dari 15 psi (tekanan atmosferik) (Alida et al., 2020). Keberadaan tangki penimbun sangat penting dalam

infrastruktur penyimpanan dan distribusi produk minyak, termasuk bensin, solar, avtur, serta produk kimia seperti pelumas dan petrokimia.

Pada umumnya material low carbon steel atau baja karbon rendah banyak digunakan dalam pembuatan tangki penyimpanan bahan bakar karena unggul dalam kekuatan dan daya tahannya. Akan tetapi baja carbon memiliki kelemahan yaitu rentan terhadap korosi, yang dapat terjadi akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan (Magga et al., 2018). Korosi yang tidak terkendali pada tangki penyimpanan dapat mengancam stabilitas struktural dan integritas tangki. Kegagalan struktural dapat menyebabkan kebocoran atau bahkan keruntuhan tangki, yang berpotensi mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan. Hal ini tidak hanya membahayakan keselamatan manusia tetapi juga dapat mencemari lingkungan dan mengganggu keberlanjutan operasi industri (Adiatmika & Haryadi, 2016). Guna memastikan bahwa tangki penyimpanan tetap beroperasi dengan aman, pemeliharaan dan pengujian rutin sangat penting. Salah satu metode yang efektif untuk melakukan pengujian adalah melalui *Non-Destructive Testing* (NDT), khususnya menggunakan metode ultrasonic test (Khoirul et.al., 2017). Pengujian ultrasonik dengan alat *Ultrasonic Thickness Gauge* (UTG) memungkinkan evaluasi ketebalan dinding tangki secara akurat tanpa merusak. Metode ini sangat berguna untuk mendeteksi cacat atau kerusakan yang mungkin tidak terlihat secara kasat mata dan untuk menilai sisa umur pakai tangki (Kurniawan, 2013)

Analisis sisa umur pakai tangki penyimpanan bahan bakar minyak berjenis pertalite adalah fokus penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi aktual tangki dan memproyeksikan umur sisa yang aman dengan menggunakan metode pengujian *non-destructive test* menggunakan alat pengukur ketebalan yaitu *ultrasonic thickness gauge*.

## METODE

### 1. Prosedur Pengukuran

Penelitian ini menggunakan *Ultrasonic Thickness Gauge* (UTG) sebagai alat utama untuk mengukur ketebalan material pada setiap lapisan vertical dinding tangki. Tangki timbun yang diuji memiliki kapasitas 7465 KL dan terbuat dari material baja karbon rendah ASTM A283 Grade C, yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar minyak jenis pertalite.

#### a. Alat Pengujian

Pengukuran ketebalan lapisan-lapisan vertical pada dinding tanki dilakukan menggunakan alat pengukur ketebalan Dakota ZX-6 ultrasonic thickness gauge.



Gambar 1. Dakota ZX-6 ultrasonic thickness gauge

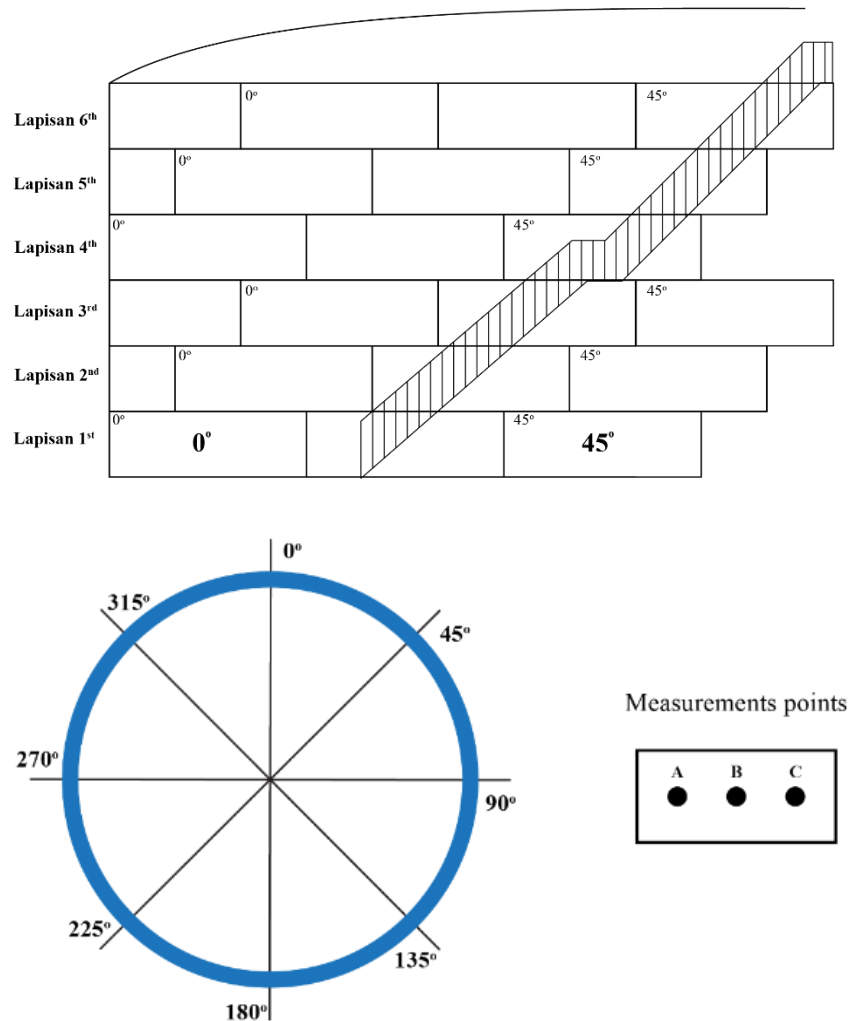
b. Proses Pengukuran

Metode ultrasonic diterapkan untuk mengukur ketebalan dinding tangki tanpa merusak struktur material. Proses pengukuran dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Sebelum pengujian persiapkan alat dan kalibrasi terlebih dahulu *ultrasonic thickness gauge* untuk memastikan akurasi pengukuran.
- b) Permukaan tangki yang akan diuji dibersihkan dari kotoran dan bahan lain yang dapat mengganggu pengukuran gelombang ultrasonik sebelum pengukuran.
- c) Gelombang ultrasonik ditransfer dari probe ke material tangki melalui cairan couplant yang diaplikasikan pada permukaan material.
- d) Probe alat utg ditempelkan pada permukaan tangki pada titik-titik yang telah ditentukan untuk mengetahui ketebalan material, untuk hasil ketebalan material bisa diperhatikan pada monitor UTG.

## 2. Pengukuran ketebalan

Pengumpulan data ketebalan dilakukan pada enam lapisan vertical dinding tangki. Data ketebalan yang diperoleh dari pengukuran dicatat di setiap titik pengambilan data (*point measurement*), pengukuran ketebalan dimaksudkan untuk menentukan *corrosion rate* atau laju korosi secara umum dimana tangki sedang beroperasi dan dapat memberikan sebuah indikasi integritas/kelayakan pada dinding tangki. Lokasi pengambilan ketebalan dinding tangki sendiri seperti gambar 2.



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel pada dinding tangki

Perhitungan ketebalan minimum plat dinding untuk evaluasi kelanjutan operasi tangki. Perhitungan tebal minimal pelat pada lapisan dinding tangki dengan formula *one-foot method* menggunakan material ASTM A283 gr. C sesuai dengan standart API 653 Petroleum Institute, (2019)

$$t_{\min} = \frac{2.6(H-1)DG}{SE}$$

dimana:

$t_{\min}$  =Ketebalan minimal yang dapat diterima, dalam inch untuk setiap lapisan dinding yang dihitung dengan menggunakan rumus di atas; Namun,  $t_{\min}$  tidak boleh kurang dari 0.1 inch (2,54 mm) untuk setiap lapisan tangki.

D = Diameter nominal tangki, dalam feet = 95,899 feet

H = Tinggi dari dasar lapisan dinding tangki dengan mempertimbangkan *maximum liquid level* pada saat menghitung lapisan dinding tangki, dalam feet; atau Tinggi dari dasar L dari titik terendah dari dasar L *locally thinned area* ke

*maximum liquid level*, dalam feet; atau Tinggi dari titik terendah di dalam lokasi yang ditinjau sampai dengan *maximum liquid level*, dalam feet.

$G$  = *Specific gravity* tertinggi dari kandungan isi produk yang disimpan (0,77).

$S$  = Tegangan ijin maksimum dalam lbf/in<sup>2</sup> , yang digunakan lebih kecil dari 0.80Y atau 0.429T untuk bagian *bottom* dan *second course*; dengan menggunakan yang lebih kecil dari 0.88Y atau 0.472T untuk semua lapisan. Tegangan ijin pada lapisan dinding tangki ditunjukkan dalam Tabel 4-1 API 653.

$E$  = *Joint efficiency* pada tangki, dengan menggunakan Tabel 4-2 API 653 jika  $E$  tidak diketahui.  $E = 1.0$  saat mengevaluasi tebal pada pelat yang terkorosi, jika jauh dari pengelasan atau sambungan yang paling sedikit 1 atau 2 kali ketebalan pelat.

### 3. Perhitungan corrosion rate

Tingkat korosi yang dihitung dengan menggunakan hasil pengukuran ketebalan pada inspeksi sebelumnya (*Short Term*). Perhitungan tingkat laju korosi sesuai dengan standart API 653 terkait *tank inspection, repair, alternation, dan reconstruction*.

$$\text{Corrosion Rate (ST)} = \frac{t_{\text{previous}} - t_{\text{actual}}}{\text{time between } t_{\text{previous}} \text{ and } t_{\text{actual}} \text{ (years)}}$$

dimana:

$t_{\text{actual}}$  = Ketebalan aktual pada titik yang sama diukur selama inspeksi terakhir, dalam mm.

$t_{\text{previous}}$  = Ketebalan yang diambil pada saat inspeksi sebelumnya di titik yang sama, dalam mm.

*time between  $t_{\text{previous}}$  and  $t_{\text{actual}}$*  = jarak waktu diantara pengukuran pada inspeksi sebelumnya dan ispeksi terakhir yaitu 8 Tahun.

### 4. Perhitungan sisa umur pakai

Sisa umur pakai peralatan mengacu pada perkiraan waktu atau penggunaan lebih lanjut yang dapat diharapkan dari tangki timbun sebelum memerlukan penggantian atau pembaruan.

$$\text{Remaining Life} = \frac{t_{\text{actual}} - t_{\text{required}}}{\text{corrosion rate}} = \text{Years}$$

dimana:

$t_{\text{actual}}$  = Ketebalan aktual pada titik yang sama diukur selama inspeksi terakhir (dalam mm).

$t_{required}$  = Ketebalan yang diperlukan pada titik yang sama atau komponen (dalam mm), seperti pengukuran taktual. Dihitung dengan menggunakan rumus desain.

*Corrosion Rate* = Tingkat laju korosi (Nilai laju korosi maksimum pada unit peralatan adalah 0,135 mm/years pada lapisan dinding tangka kedua)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Atmospheric storage tank* bahan bakar minyak jenis pertalite dengan jenis material ASTM A283 Grade C (*low carbon steel*) memiliki data peralatan seperti tabel 1.

Tabel 1. Data Peralatan Storage Tank

| No. | Paramerter                               | Deskripsi             | Sumber                    |
|-----|------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1   | Tipe Peralatan                           | Storage tank          | Laporan Inspeksi Terakhir |
| 2   | Tipe Roof                                | Dome Roof             | Data Teknis Tangki        |
| 3   | Spesifikasi Material                     | A 283 Gr.C            | Data Teknis Tangki        |
| 4   | Tekanan Desain                           | Atmospheric           | Data Teknis Tangki        |
| 5   | Tekanan Operasi                          | Atmospheric           | Data Teknis Tangki        |
| 6   | Temperatur Operasi                       | Ambient               | Data Teknis Tangki        |
| 7   | Diameter Tanki                           | 29.230 m / 95,899 ft  | Data Teknis Tangki        |
| 8   | Tinggi Tangki                            | 11.190 m / 36,712 ft  | Data Teknis Tangki        |
| 9   | Max Tinggi Fluida                        | 10.950 m / 35,925 ft  | Data Teknis Tangki        |
| 10  | Kapasitas                                | 7.419 KL / 46.664 BBL | Data Teknis Tangki        |
| 11  | Fluida Service                           | Pertalite             | Data Teknis Tangki        |
| 12  | Joint Efficiency                         | 1,00                  | Data Teknis Tangki        |
| 13  | Specific Gravity                         | 0,77                  | Oil Properties            |
| 14  | Total Shell Course                       | 6 Courses             | Laporan Inspeksi Terakhir |
| 15  | Tipe Sambungan                           | Butt Joint            | Prev.Inspection Report    |
| 16  | Shell Allowable Stress Two Lower Courses | 23.600 psig           | Tabel 4.1 Std API 650     |
| 17  | Shell Allowable Stress Upper Courses     | 26.000 psig           | Tabel 4.1 Std API 650     |

## Ketebalan lapisan-lapisan vertical dinding tangki

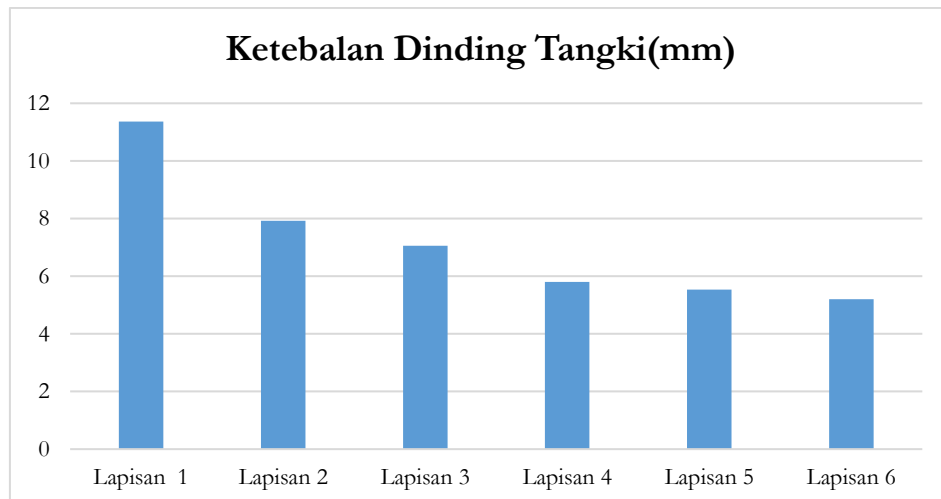
Hasil dari pengambilan data pada storage tank didapatkan data ketebalan material pada lapisan-lapisan dinding tanki timbun. Data hasil pengambilan ketebalan material dapat dilihat pada Tabel 2 dan gambar grafik 1 untuk penyebaran ketebalan material.

Tabel 2. Pengukuran Ketebalan Aktual Lapisan Dinding Tanki Timbun

| Measurment Location |   | ACTUAL THICKNESS (mm) |       |       |       |       |       |       |       | Min Thickne ss (mm) |
|---------------------|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
|                     |   | 0°                    | 45°   | 90°   | 135°  | 180°  | 225°  | 270°  | 315°  |                     |
| Lapisan 1           | A | 13,07                 | 12,62 | 12,10 | 12,32 | 12,05 | 12,85 | 11,70 | 12,10 | 11,37               |
|                     | B | 11,51                 | 11,98 | 11,84 | 12,49 | 11,37 | 12,06 | 11,96 | 12,21 |                     |

|           |   |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|           | C | 12,29 | 12,27 | 11,56 | 12,18 | 12,03 | 12,02 | 11,73 | 12,14 |      |
| Lapisan 2 | A | 9,34  | 9,56  | 8,29  | 8,36  | 9,21  | 8,91  | 7,92  | 9,77  | 7,92 |
|           | B | 8,50  | 9,55  | 8,33  | 8,74  | 8,59  | 8,36  | 8,52  | 8,75  |      |
|           | C | 9,25  | 8,75  | 8,31  | 8,61  | 9,03  | 8,68  | 8,49  | 9,01  |      |
| Lapisan 3 | A | 7,19  | 7,19  | 7,15  | 7,52  | 7,83  | 7,32  | 7,75  | 7,31  | 7,06 |
|           | B | 7,42  | 7,20  | 7,97  | 7,67  | 7,69  | 7,43  | 7,06  | 7,82  |      |
|           | C | 7,33  | 7,35  | 7,07  | 7,43  | 7,47  | 7,53  | 7,10  | 7,36  |      |
| Lapisan 4 | A | 6,15  | 6,14  | 5,80  | 6,61  | 6,65  | 6,13  | 6,24  | 6,11  | 5,80 |
|           | B | 6,06  | 6,20  | 6,06  | 6,68  | 6,42  | 6,02  | 6,08  | 6,04  |      |
|           | C | 6,14  | 6,31  | 5,85  | 6,53  | 6,17  | 6,19  | 6,09  | 6,08  |      |
| Lapisan 5 | A | 6,23  | 6,90  | 6,20  | 6,30  | 6,65  | 6,12  | 5,89  | 5,54  | 5,54 |
|           | B | 6,53  | 6,31  | 6,15  | 6,19  | 5,64  | 6,14  | 6,09  | 5,72  |      |
|           | C | 6,30  | 6,30  | 5,76  | 6,21  | 6,59  | 6,20  | 5,96  | 5,61  |      |
| Lapisan 6 | A | 6,36  | 6,12  | 6,53  | 6,07  | 6,11  | 6,20  | 6,20  | 6,00  | 5,20 |
|           | B | 6,30  | 6,19  | 6,40  | 6,05  | 6,35  | 6,42  | 6,15  | 5,20  |      |
|           | C | 6,03  | 6,09  | 6,33  | 6,02  | 6,41  | 6,32  | 6,78  | 5,41  |      |

Grafik 1. Ketebalan Dinding Tangki



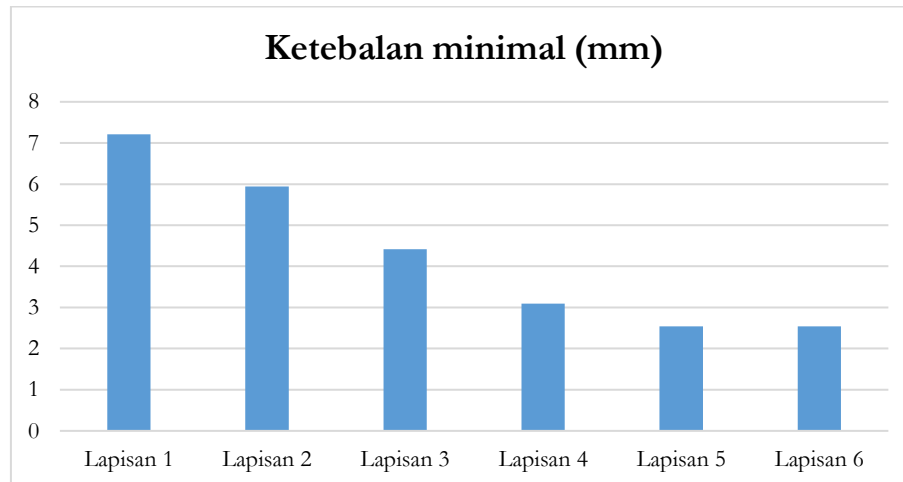
Berdasarkan Tabel 2 diperoleh ketebalan minimum lapisan 1 dengan tebal 11,37mm, minimum thickness lapisan 2 dengan tebal 7,92mm, minimum thickness lapisan 3 dengan tebal 7,06mm, minimum thickness lapisan 4 dengan tebal 5,80mm, minimum thickness lapisan 5 dengan tebal 5,54mm, dan minimum thickness lapisan 6 dengan tebal 5,20mm. sehingga dapat dihitung untuk ketebalan minimum setiap shell course plat dinding untuk mencari nilai corrosion rate sebelum menentukan nilai sisa umur pakai storage tank. Perhitungan tebal minimal lapisan dinding tangki digunakan untuk evaluasi kelanjutan operasi tangki. Tebal minimal merupakan ketebalan yang dapat diterima, dalam inch untuk setiap lapis dinding tangki. Perhitungan tebal minimal material ASTM A283 grade C menggunakan formula one-foot method sesuai dengan standart API 653. Dimana didapatkan untuk nilai minimal seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Ketebalan yang Dibutuhkan Lapisan Dinding Tangki

| Component | Ketebalan minimal (mm) |
|-----------|------------------------|
| Lapisan 1 | 7,21                   |

|           |      |
|-----------|------|
| Lapisan 2 | 5,94 |
| Lapisan 3 | 4,42 |
| Lapisan 4 | 3,09 |
| Lapisan 5 | 2,54 |
| Lapisan 6 | 2,54 |

Grafik 2. Ketebalan Minimal Lapisan Dinding Storage Tank



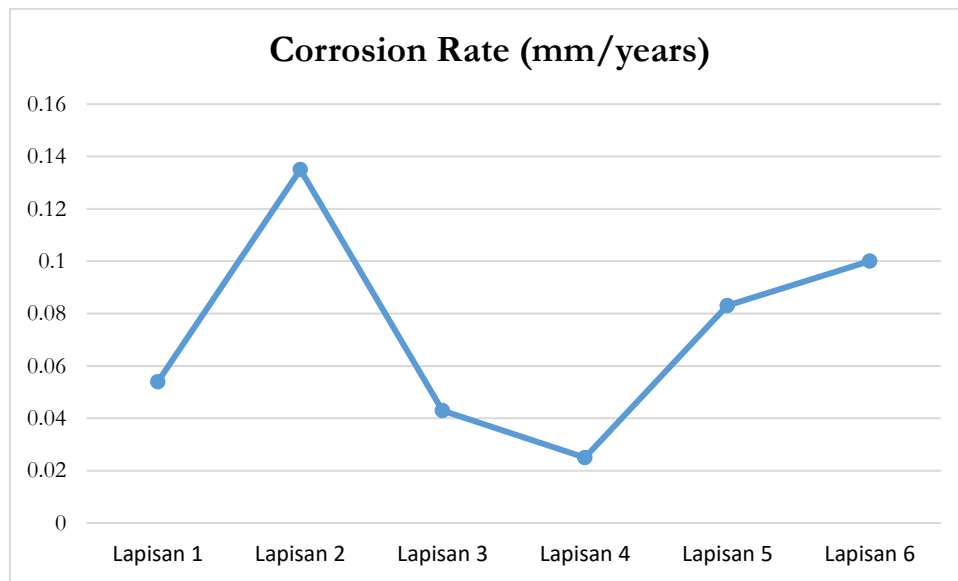
### Corrosion Rate

Tingkat laju korosi pada lapisan dinding tangka dapat dihitung dengan menggunakan hasil pengukuran ketebalan pada inspeksi sebelumnya (Short Term). Perhitungan tingkat laju korosi sesuai dengan standart API 653 terkait *tank inspection, repair, alternation, dan reconstruction*. Perhitungan *corrosion rate* menggunakan *short term corrosion rate calculation*. Hasil perhitungan dari laju korosi dinding tangki didapatkan seperti tabel 4. Nilai laju korosi maksimum pada peralatan adalah 0,135 mm/years pada lapisan dinding tangka kedua.

Tabel 4. Tabel Hasil Perhitungan Laju Korosi Lapisan Dinding Tangki

| Component | Corrosion Rate (mm/years) |
|-----------|---------------------------|
| Lapisan 1 | 0,054                     |
| Lapisan 2 | 0,135                     |
| Lapisan 3 | 0,043                     |
| Lapisan 4 | 0,025                     |
| Lapisan 5 | 0,083                     |
| Lapisan 6 | 0,100                     |

Grafik 3. *Corrosion Rate* Lapisan Dinding Storage Tank



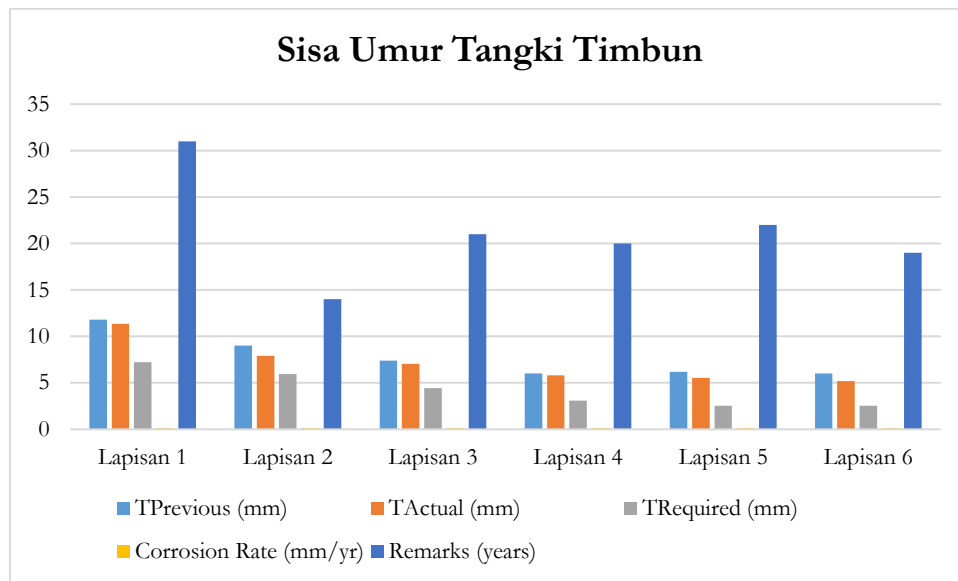
### Sisa Umur Pakai

Perhitungan sisa umur pakai dengan menggunakan hasil perhitungan tingkat laju korosi, nilai umur pakai dari hasil pengambilan ketebalan dinding tangki penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 5. Usia minimal untuk tangki penyimpanan adalah antara 14-30 tahun, dengan laju korosi 0,135 milimeter per tahun. Tabel 4 merupakan tabel hasil perhitungan dari sisa umur penggunaan dari lapisan-lapisan vertical dinding tangki.

Tabel 5. Perhitungan Sisa Umur Penggunaan Tangki Timbun

| Component | T <sub>Previous</sub><br>(mm) | T <sub>Actual</sub><br>(mm) | T <sub>Required</sub><br>(mm) | Corrosion Rate (mm/yr) | Remarks<br>(years) |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|
| Lapisan 1 | 11,80                         | 11,37                       | 7,21                          | 0,135                  | 31                 |
| Lapisan 2 | 9,00                          | 7,92                        | 5,94                          | 0,135                  | 14                 |
| Lapisan 3 | 7,40                          | 7,06                        | 4,42                          | 0,135                  | 21                 |
| Lapisan 4 | 6,00                          | 5,80                        | 3,09                          | 0,135                  | 20                 |
| Lapisan 5 | 6,20                          | 5,54                        | 2,54                          | 0,135                  | 22                 |
| Lapisan 6 | 6,00                          | 5,20                        | 2,54                          | 0,135                  | 19                 |

Grafik 4. Hasil Analisis Sisa Umur Tangki



Berdasarkan API 653 Petroleum Institute, (2020) untuk hasil sisa umur tangki di atas 20 tahun akan direduksi hingga maksimum 20 tahun. Jadi, berdasarkan perhitungan di atas sisa umur tangki penyimpanan terendah berada pada lapisan kedua yaitu selama 14 tahun.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian dari storage tank didapatkan bahwa lapisan dinding tangki ke-6 memiliki nilai ketebalan terendah (5,20 mm) dan lapisan ke-1 memiliki nilai ketebalan tertinggi (11,37 mm), sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai sisa umur storage tank berbanding terbalik dengan tingkat laju korosi. Didapatkan dari lapisan dinding tangki ke-2 dengan nilai tingkat laju korosi yang tinggi, memiliki nilai sisa umur pakai terendah yaitu 14,66 tahun. Hal ini berlaku untuk setiap lapisan dinding tangka timbun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiatmika, H., & Haryadi, G. D. (2016). Analisa Remaining Life Pada High Speed Diesel Oil Storage Tank Astm a283 Grade C Dengan Menggunakan Pengukuran Ultrasonic Thickness. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 4(2), 126–131.
- Alida, R., Anjastara, A. P., Program, ), Teknik, S., Produksi, E., Politeknik, M., Palembang, A., & Corresponding Author, I. (2020). *THE DETERMINATION OF STORAGE TANK USAGE TIME THROUGH THE DATA ANALYSIS OF ULTRASONIC THICKNESS CALCULATION RESULT ON TANK TEP-028 AT JEMENANG COLLECTING STATION OF PT PERTAMINA EP ASSET 2 LIMAU FIELD* (Vol. 11).
- Khoirul, F., Amin, M., & Subri, M. (2017). Analisa Sisa Umur Pemakaian (Remaining

Life Assesment) Air Receiver Compressor Tank Menggunakan Metode Ultrasonic Test. Traksi, 17(1).

Kurniawan, D. (2013). *NON DESTRUCTIVE TEST [B.1.1.1.100.3] Edisi I Tahun 2013*.

Magga, R., Zuchry, M., Arifin, Y., & ... (2018). Analisis Laju/Ketahanan Korosi Pada Baja Karbon Rendah Akibat Tegangan Dalam Menggunakan Metode C-Ring. *Prosiding Snitt* ....  
<http://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/601%0Ahttp://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/viewFile/601/407>

Petroleum Institute, A. (2019). *Welded Tanks for Oil Storage*.

Petroleum Institute, A. (2020). *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*.