

PENENTUAN WAKTU PEMAKAIAN STORAGE TANK MELALUI ANALISA DATA HASIL PENGUKURAN *ULTRASONIC THICKNESS* PADA TANGKI TEP-028 DI STASIUN PENGUMPUL JEMENANG PT PERTAMINA EP ASSET 2 *FIELD* LIMAU

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

Roni Alida¹⁾, Afven Pajar Anjastara²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Eksplorasi Produksi Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia
 Corresponding Author E-mail: roni@pap.ac.id

Abstract: Storage tank becomes an important part in a petroleum industry process because it is not only as the storage of raw materials but it is able to protect products from contaminants. Generally, the product storage in the petroleum industry is in form of fluids (gas, oil and water). There were two testing methods conducted in this thesis i.e. the first method was by conducting visual observation on the storage which would be tested and the second method was conducting a test using ultrasonic thickness tool on the storage tank with the condition of 8 test points on each shell course of the storage tank. From the data of testing result, the calculation was carried out to determine the actual thickness, corrosion rate, remaining life, external inspection and ultrasonic thickness inspection. From the results of testing and calculation before the repair (rejected condition), it was found that the design thickness value was 6 mm, the actual thickness was 0.10 mm, the required thickness was 2.54, the corrosion rate was 0.49 mm/year and the remaining life was -4.96. Meanwhile, the results of testing and calculation after the repair (accepted condition), it was found that the design thickness value was 6 mm, the actual thickness was 5.90 mm, the required thickness was 2.54, the corrosion rate was 0.49 mm/year and the remaining life was 6.86 years or ± 6 year 10 months ahead as well as for the regular inspection time schedule of eksternal inspection and ultrasonic thickness inspection was 1.6 years or ± 1 year 7 months ahead. On the storage tank, there was new place replacement on the production tank which was 11 pieces of plate.

Keywords: *Storage Tank, Ultrasonic Thickness and Remaining Life*

Abstrak: *Storage tank menjadi bagian penting dalam suatu proses industri perminyakan karena tidak hanya menjadi tempat penyimpanan bahan baku serta dapat menjaga produk dari kontaminan. Pada umumnya penampungan produk yang terdapat pada industri perminyakan berupa fluida (gas, minyak, dan air). Metode pengujian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini yaitu dengan dua metode, metode pertama adalah dengan melakukan pengamatan visual pada storage tank yang akan diuji, dan metode kedua yaitu melakukan pengujian dengan alat ultrasonic thickness pada storage tank dengan ketentuan 8 titik pengujian pada setiap shell course storage tank. Dari data hasil pengujian dilakukan perhitungan untuk menentukan actual thickness, corrosion rate, remaining life, eksternal inspection dan ultrasonic thickness inspection. Dari hasil pengujian dan perhitungan sebelum perbaikan (rejected condition), didapat bahwa nilai design thickness 6 mm, actual thickness 0,10 mm, required thickness 2,54, corrosion rate 0,49 mm/tahun dan remaining life -4,96. Sedangkan hasil pengujian dan perhitungan setelah perbaikan (accepted condition), didapat bahwa nilai design thickness 6 mm, actual thickness 5,90 mm, required thickness 2,54, corrosion rate 0,49 mm/tahun dan remaining life 6,86 tahun atau ± 6 tahun 10 bulan kedepan, serta untuk penjadwalan waktu inspeksi rutin eksternal inspection dan ultrasonic thickness inspection 1,6 tahun atau ± 1 tahun 7 bulan yang akan datang. Pada storage tank terdapat pergantian plate yang baru pada tangki produksi tersebut sebanyak 11 keping plate.*

Kata kunci : *Storage Tank, Ultrasonic Thickness dan Remaining Life.*

1. PENDAHULUAN

Storage tank merupakan wadah penyimpanan yang sering dipakai diberbagai industri seperti industri petrokimia, pengilangan, perminyakan dan lain-lain. *Storage tank* 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.

Material dalam pembuatan *storage tank* pada umumnya berbahan dasar baja yang

merupakan bahan yang sangat rentan terhadap korosi. Korosi pada *storage tank* merupakan kerusakan material logam, yang merupakan hasil dari reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Proses korosi dipercepat oleh faktor luar meliputi interaksi tangki dengan komponen yang saling berhubungan, kondisi lingkungan korosif dan arus listrik liar. Oleh karena penggunaan *storage tank* secara simultan maka korosi yang tidak terkendali yang mungkin dapat melemahkan atau menghancurkan komponen dari sistem tangki. Kondisi ini kemungkinan akan menimbulkan lubang atau mungkin kegagalan struktural tangki. Akibat kegagalan tangki menyebabkan pelepasan produk yang disimpan ke lingkungan.

Metode pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan dua metode yaitu, metode pertama adalah dengan melakukan pengamatan visual pada *storage tank* yang akan diuji dan metode kedua adalah melakukan pengujian dengan alat *ultrasonic thickness* pada *storage tank*. *Ultrasonic Thickness* (UT) merupakan pengujian yang menggunakan frekuensi suara untuk mendeteksi cacat pada benda padat. Hal ini didasari kenyataan bahwa benda padat merupakan penghantar gelombang suara yang baik. Prinsip pengujian ini dilakukan dengan memantulkan gelombang suara ultrasonik ke suatu benda kemudian pantulan gelombang dari benda tersebut akan ditangkap oleh *probe*. Perbedaan kedalaman permukaan merupakan indikasi adanya cacat pada benda.

PT. Pertamina EP Asset 2 Field Limau merupakan *oil company* yang bertugas memproduksi migas. Sebelum fluida ditransfer ke konsumen fluida produksi ditampung di *storage tank*. Salah satu media penyimpanan fluida produksi di Lapangan Limau adalah Tangki TEP-028 di lokasi Stasiun Pengumpul (SP) Jemenang. SP ini merupakan Stasiun Pengumpul tua yang kondisi tangkinya ada yang bermasalah seperti cat memudar, *painting* kotor tumpahan minyak, *shell plate* terkorosi, pondasi retak, dan sebagainya. Upaya untuk mempertahankan performa tangki dapat

ditempuh dengan menjaga umur pemakaian tangki. Oleh karena itu melalui analisa data hasil pengukuran *Ultrasonic Thickness* pada penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat membantu dalam menentukan waktu pemakaian *storage tank* dalam jangka waktu yang akan datang.

2. TEORI DASAR

Storage tank atau yang lebih sering dikenal dengan tangki penyimpanan merupakan salah satu unit atau peralatan yang terdapat dalam bidang rekayasa proses baik dalam skala kecil, menengah ataupun industri besar. Alat ini banyak ditemukan di industri kimia seperti industri *oil and gas*, petrokimia, polimer, dan yang lainnya. Selain menjadi tempat penyimpanan, tangki juga mempunyai peran untuk menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku serta dapat menjaga produk atau bahan baku dari kontaminan, yang dimana zat kontaminan tersebut dapat menurunkan kualitas dari produk atau bahan baku.

2.1 Jenis Tangki

Storage tank atau tangki penyimpanan dapat memiliki bermacam-macam bentuk dan tipe, masing-masing tipe memiliki kelebihan dan kekurangan serta kegunaan masing-masing. Berdasarkan tekanannya, secara umum tangki penyimpanan dapat di bagi menjadi dua bila diklasifikasikan, yaitu: *atmospheric tank* (tangki dengan bertekanan rendah) dan *pressure tank* (tangki dengan kemampuan menyimpan bahan baku yang bertekanan uap lebih dari 11,1 psi).

2.2 API Acuan Tangki Timbun

Acuan dalam pembuatan atau desain tangki timbun, yaitu menurut standar API sebagai berikut:

1. API 620 adalah standard untuk desain dan konstruksi tangki timbun yang terbuat dari baja, yang dilas serta digunakan diatas permukaan tanah dan untuk operasi bertekanan rendah. Konstruksi tangki ini silindris dan bersumbu tunggal.
2. API 650 adalah standard untuk material, desain, fabrikasi, pembangunan dan inspeksi serta pengujian tangki timbun

yang berbentuk silindris vertikal dengan atau tanpa tutup, dioperasikan diatas permukaan tanah untuk menimbun minyak bumi dan bahan bakar lainnya, pada tekanan kerja yang mendekati tekanan atmosfer (tekanan internal tidak melebihi berat tutup), ataupun tekanan yang lebih tinggi asalkan memenuhi persyaratan khusus. Standard ini hanya berlaku bagi tangki dengan pelat dasar tertopang seluruhnya secara merata dan bagi tangki yang tidak didinginkan serta bersuhu kerja hingga 90 °C (200 °F).

3. API 651 adalah standard untuk perlindungan katodik bagi tangki timbun petroleum yang dibangun di atas permukaan tanah.
4. API 653 adalah standard untuk perbaikan, perubahan dan rekonstruksi tangki timbun.
5. API 575 adalah standard untuk inspeksi tangki timbun yang bertekanan rendah.

2.3 Ultrasonic Thickness (UT)

Ultrasonic thickness adalah salah satu teknik pengujian material tanpa merusak benda uji melalui pantulan gelombang ultrasonik. Pengujian ini dilakukan untuk mendeteksi adanya cacat (*flaw*) atau retak (*crack*) pada material secara dini, dan menghindari kegagalan saat digunakan. Propagasi gelombang ultrasonik didalam struktur baja mengalami pemantulan atau pembelokan pada saat mengenai medium dengan indeks yang berbeda. Propagasi gelombang ultrasonik tersebut kemudian diekstrak menggunakan metode *continuous wavelet transform* (CWT) untuk merepresentasikan permukaan material yang didasarkan pada frekuensi dan waktu pantul/belok sebagai dasar jarak keberadaan rongga (cacat). CWT mempunyai keunggulan pada proses analisis sinyal yang lebih cepat dibandingkan dengan metode lain seperti transformasi *fourier* dan mempunyai kemampuan untuk mentransformasikan sinyal nonstasioner dalam domain waktu-frekuensi.

Logam adalah salah satu material penting yang banyak dipakai sebagai material untuk peralatan industri dan lain-lain.

Pemakaian logam pada peralatan tersebut, berdasarkan sifat fisik dan mekanik logam. Salah satu kelebihan dari logam adalah material ini tahan terhadap tekanan dan panas. Akan tetapi selain banyak manfaat logam, material ini juga memiliki kekurangan, salah satunya adalah material ini mudah terkorosi. Korosi merupakan kesetimbangan termodinamika logam dengan lingkungannya seperti dengan air, udara dan tanah. Logam dikatakan setimbang bila logam membentuk oksida atau senyawa kimia lain yang lebih stabil atau memiliki energi yang paling rendah.

2.4 Macam-macam korosi

Macam-macam dari pembagian korosi antara lain sebagai berikut :

a. Korosi internal

Merupakan korosi yang terjadi pada bagian dalam material logam seperti tangki. Korosi itu terjadi akibat adanya kandungan CO₂ dan H₂S pada minyak bumi, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.

b. Korosi eksternal

Merupakan korosi yang terjadi pada bagian luar material logam seperti tangki, baik yang kontak dengan udara, tanah, air dan lingkungan lainnya.

2.5 Perhitungan Data Ultrasonic Thickness

Ada beberapa rumus atau formula perhitungan yang akan dianalisa antara lain yaitu :

1. Perhitungan *thickness minimum* (Tmin)

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *thickness minimum* adalah :

$$T_{min} = \frac{2,6 \times (H-1) \times D \times SG}{S \times E}$$

Dimana:

Tmin = *thickness minimum* (mm)

H = tinggi tangki (ft)

D = diameter tangki (ft)

SG = *specific gravity*

S = *allowable product stress* (lbf/in²)

E = *joint efficiency*

2. Perhitungan *Corrosion Rate* (CR)

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai laju korosi (*corrosion rate*) adalah:

$$CR \text{ (mm/tahun)} = \frac{TD - TA}{UPT}$$

Dimana:

CR = laju korosi (*corrosion rate*) (mm/tahun)
 TD = tebal desain = tebal tangki pada pemasangan awal (mm)
 TA = tebal aktual tebal tangki pada saat inspeksi (mm)
 UPT = umur pakai tangki= dari saat pemasangan hingga inspeksi (tahun)

3. Perhitungan *Remaining Life* (RL)

Rumus yang digunakan untuk menghitung sisa umur pakai (*Remaining Life*) adalah:

$$RL = \frac{TA - TR}{CR}$$

Dimana:

CR = laju korosi (*corrosion rate*) (mm/tahun)
 RL = *remaining life* = sisa umur pakai tangki (tahun)
 TA = tebal aktual = tebal tangki pada saat inspeksi (mm)
 TR = tebal *required* = tebal minimal yang diizinkan (mm)

4. Perhitungan *external inspection*

Rumus yang digunakan untuk menghitung *external inspection* adalah:

$$LT/RCA = \frac{CA}{CR}$$

Dimana:

CR = laju korosi (*corrosion rate*) (mm/tahun)
 LT/RCA = *external inspection* = waktu inspeksi eksternal (tahun)
 CA = *corrosion allowance* (mm)
 HK 1) *External Inspection* (LT/RCA)
 HK 2) RCA/4N
 HK 3) 5 tahun (API 653 Para 6.3.2.1)
 HK 4) 4 tahun (PP ESDM)

5. Perhitungan *Ultrasonic Thickness Inspection*

Rumus yang digunakan untuk menghitung *ultrasonic thickness inspection* adalah:

$$UTI = \frac{\text{External Inspection (LT/RCA)}}{2 \times N}$$

Dimana:

LT/RCA = *external inspection* = waktu inspeksi eksternal (tahun)
 UTI = *ultrasonic thickness inspection* = waktu inspeksi *ultrasonic thickness*
 N = nilai *corrosion rate* (CR)
 HK 1) *Ultrasonic Thickness Inspection*
 HK 2) *Corrosion rate is not known* 5 tahun (API 653 Para 6.3.2.2 b)
 HK 3) *Corrosion rate is known* 15 tahun (API 653 Para 6.3.2.2 b)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berfikir dan memecahkan masalah mulai dari pendahuluan, pembatasan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun pengamatan serta penarikan kesimpulan atas solusi terhadap permasalahan yang diteliti.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 – 31 Maret 2020 yang bertempat di bagian fungsi RAM (*reliability, availability, and maintenance*) PT Pertamina EP Asset 2 Field Limau yang beroperasi di daerah Kabupaten Muara Enim, Kota Prabumulih, dan Kabupaten Lahat, Propinsi Sumatera Selatan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

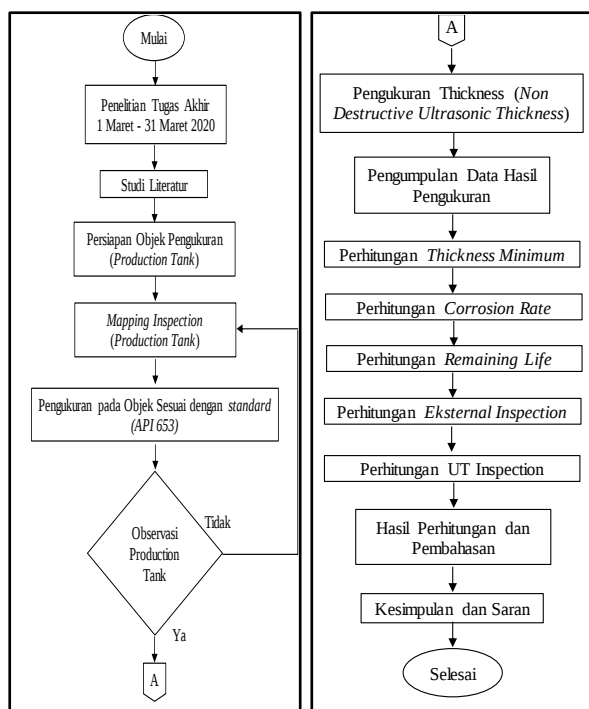
Tahapan yang dilakukan dalam pengumpulan data meliputi studi literatur, pengamatan langsung, pengumpulan data, pengukuran dan pengolahan data.

3.3 Penarikan Kesimpulan

Hasil akhir yang diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan penelitian. Pada kesimpulan ini dapat diberikan gambaran yang utuh tentang kondisi lapangan terkait perhitungan analisa data *ultrasonic thickness*.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada Tangki TEP-028 di Stasiun Pengumpul Jemenang, setelah dilakukan perbaikan tangki (*repair tank*) dan dilakukan perhitungan kembali, didapatkan solusi dengan cara pergantian *plate* baru sebanyak 11 keping *plate* pada *shell course* 1 dan *shell course* 2 dengan rincian 7 *plate* pada *shell course* 1 dan 4 *plate* pada *shell course* 2 dengan nilai *thickness* sebagai berikut, yaitu: *design thickness* 6 mm, *actual thickness* 5,90 mm, *required thickness* 2,54 mm. Untuk nilai *remaining life*, yaitu ± 7 tahun kedepan terhitung dari waktu perbaikan (*repair*) di tahun 2020 hingga 2027 mendatang. Hasil perhitungan untuk penjadwalan *external inspection* dan *ultrasonic thickness inspection* secara rutin atau berkala, yaitu dapat melakukan *external inspection* dan *ultrasonic thickness inspection* adalah $\pm 1,6$ tahun yang akan datang. Pada penelitian ini agar pemakaian tangki dapat bertahan lebih lama maka harus dilakukan *repair internal* dan *external* supaya umur pemakaian tangki dapat bertahan lebih lama. Disini Penulis merekomendasikan agar dilakukan perbaikan

pada *shell plate* dan baut-baut yang terkorosi, perbaikan pada pondasi tangki yang retak, melakukan *repainting* cat yang memudar serta kotor oleh tumpahan minyak, jangan biarkan *opening* pada *roof* tangki dalam keadaan terbuka, serta memasang perlengkapan tangki meliputi : *name plate*, *grounding protection*, *venting* dan *cathodic protection system* sesuai dengan acuan standar API 650 tentang *Welded Steel Tanks for Oil Storage* dan API 653 tentang *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*.

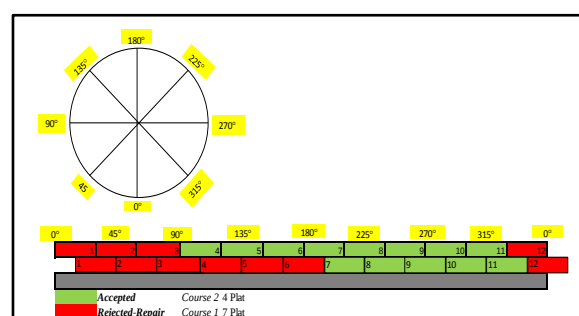
4.2 Alternatif Pemecahan Masalah Sebelum Perbaikan (*Rejected Condition*)

Dari hasil analisis yang dilakukan didapatkan nilai ketebalan yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Sebelum Perbaikan Tangki

No	Keterangan	Thickness	Satuan
1	<i>Design Thickness</i>	6	mm
2	<i>Required Thickness</i>	2,54	mm
3	<i>Minimum Thickness</i>	2	mm
4	<i>Actual Thickness</i>	0,10	mm
5	<i>Corrosion Rate</i>	0,49	mm/tahun
6	<i>Remaining Life</i>	-4,96	tahun

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa nilai *actual thickness* < *minimum thickness* < *required thickness*.

Gambar 4.1 Penampang Tangki *Rejected Condition*

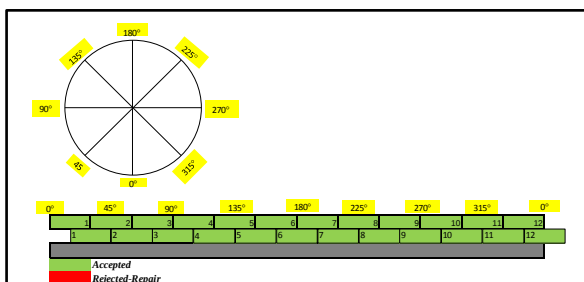
Dari gambar di atas, *shell plate* berwarna merah menunjukkan bahwasanya tangki produksi tersebut dalam kondisi tidak baik (*rejected*) sehingga langkah alternatif dalam pemecahan masalah ini harus mengganti *plate* yang baru pada tangki produksi tersebut sebanyak 11 keping *plate*

dengan rincian pada *shell course 1 section 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°* yang harus diganti *plate* baru sebanyak 7 keping *plate*. Sedangkan pada *shell course 2 section 0°, 45°, dan 90°* harus mengganti *plate* baru sebanyak 4 keping *plate*.

4.3 Analisa Tangki Setelah Perbaikan (Accepted Condition)

Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Setelah Perbaikan Tangki

No	Keterangan	Thickness	Satuan
1	Design Thickness	6	mm
2	Required Thickness	2,54	mm
4	Actual Thickness	5,90	mm
5	Corrosion Rate	0,49	mm/tahun
6	Remaining Life	6,86	tahun
7	Eksternal Inspection	1,56	tahun
8	Ultrasonic Thickness Inspection	1,59	tahun



Gambar 4.2 Penampang Tangki Accepted Condition

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa dapat melakukan penjadwalan untuk *external inspection* dan *ultrasonic thickness inspection* pada kurun waktu $\pm 1,6$ tahun (1 tahun 7 bulan) yang akan datang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan hasil *thickness inspection* pada setiap *course 1* dan *2* adalah pada *course 1 section 0°-180°* serta pada *course 2 section 0°-90°* terdapat lubang karena korosi. Gejala permasalahan yang terjadi pada tangki TEP-028 antara lain:
 - a) *Roof* mengalami cat memudar
 - b) *Opening* dalam kondisi terbuka
 - c) Baut *manhole* terkorosi
 - d) Pondasi retak
 - e) *Painting* tangki kotor dari tumpahan minyak
 - f) *Shell course 1* dan *2* terkorosi

2. *Thickness inspection* dilakukan dengan menggunakan alat *Ultrasonic Thickness Gauge* Merk *Dakota MX-5* yang menunjukkan nilai *actual thickness* 0,10 mm kurang dari nilai *required thickness*, yaitu 2,54 mm sesuai dengan acuan standar API 653 tentang *tank inspection, repair, alteration, and reconstruction*.
3. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *corrosion rate* adalah 0,4917 mm/tahun. Dengan hasil perhitungan menunjukkan nilai tertinggi pada *shell course 1* di *section 45°*, yaitu 0,5169 mm/tahun, dan *shell course 2* di *section 90°*, yaitu 0,5082 mm/tahun, sedangkan hasil perhitungan nilai *corrosion rate* terendah *shell course 1* di *section 315°*, yaitu 0,3443 mm/tahun, dan *shell course 2* di *section 315°*, yaitu 0,0806 mm/tahun. Sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai *remaining life* adalah -4,96 tahun. Dengan hasil perhitungan menunjukkan nilai *remaining life* tertinggi pada *shell course 1* di *section 315°*, yaitu -1,36 tahun, dan *shell course 2* di *section 315°*, yaitu 31,51 tahun, sedangkan nilai terendah terdapat pada *shell course 1* di *section 45°*, yaitu -4,72 tahun, dan *shell course 2* di *section 90°*, yaitu -4,60 tahun. Dengan catatan didapatkan hasil negatif karena tangki tersebut terdapat lubang pada *plate* karena korosi.
4. Dari hasil langkah alternatif dalam pemecahan masalah harus mengganti *plate* yang baru pada tangki produksi tersebut sebanyak 11 keping *plate* dengan rincian pada *shell course 1 section 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°* yang harus diganti *plate* baru sebanyak 7 keping *plate*. Sedangkan pada *shell course 2 section 0°, 45°, dan 90°* harus mengganti *plate* baru sebanyak 4 keping *plate*. Setelah tangki di *repair* dan melakukan perhitungan kembali didapatlah beberapa parameter nilai *thickness* sebagai berikut: *design thickness* 6 mm, *actual*

thickness 5,90 mm, required thickness 2,54 mm dan didapatkan nilai *remaining life*, yaitu ± 7 tahun kedepan terhitung dari waktu perbaikan (*repair*) di tahun 2020 hingga 2027 mendatang.

5. Hasil perhitungan untuk penjadwalan inspeksi rutin setelah tangki di *repair*, yaitu untuk *external inspection* dan *ultrasonic thickness inspection* adalah $\pm 1,6$ tahun yang akan datang.

5.1 Saran

Penulis menyarankan untuk Peneliti selanjutnya jika ingin mengembangkan karya tulis ilmiah dari penelitian ini dengan judul Penentuan Waktu Pemakaian *Storage Tank* Melalui Analisa Data Hasil Pengukuran *Ultrasonic Thickness* Pada Tangki TEP-028 Di Stasiun Pengumpul Jemenang PT Pertamina EP Asset 2 Field Limau dapat menganalisisnya sampai ke tingkat keekonomiannya dalam pembuatan tangki baik dari segi jenis material dipilih, jenis tangki, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

API Publishing Services. 2018. *API 650 Tentang Welded tank of oil storage*. Washington, D.C.

API Publishing Services. 2018. *API 655 Tentang Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction*. Washington, D.C.

Damayanti, Melinda. 2015. *Peralatan Industri Proses I*. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Nurchahyo,dkk.. 2016. *Simulator Storage Tank: Sebuah Alat Praktikum Untuk Melatih Pengoperasian Tangki*. Politeknik Negeri Bandung.

Nurfadila Sari, Garnis. 2018. *Atmospheric Storage Tank*. LNG Academy.

Panjerrino, Manyang. 2010. *Pengolahan Data Dan Visualisasi Korosi Pipa Menggunakan Data Hasil Pengujian Ultrasonik*. Universitas Indonesia.

Prayudha, Dony. 2018. *Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (Remaining Service Life/Rsl) pada Jalur Pipa Transportasi Crude Oil dari Spu-A Mundu ke Terminal Balongan di PT Pertamina Ep Asset 3 Jatibarang Field, Kabupaten Indramayu Provinsi Jawa Barat*. Laporan Penelitian: Universitas Islam Bandung.

Satria Hartadi, Bintang, dkk.. 2016. *Analisa Corrothion Rate dan Remaining Life Pada High Speed Diesel Shell Storage Tank Dengan Menggunakan Pengukuran Non Destructive Testing*. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4, No. 2 : Universitas Diponegoro.

Subiyanto, Lilik. Dkk.. 2012. *Deteksi Cacat Pada Material Baja Menggunakan Ultrasonic Non-Destructive Testing Dengan Metode Continuous Wavelet Transform*. Institut Teknologi Sepuluh November.

Sulaeman, Stephanus. 2020. *Tangki Tambun Pertamina Unit Pengolahan*. Balik Papan

