

ANALISA LAJU KOROSI TANGKI T-03 KAPASITAS 35000 M³ DI PERUSAHAAN X

Puji Astuti Ibrahim dan Rizky Wahyu Ramadhan

Akademi Minyak dan Gas (AKAMIGAS) Balongan Indramayu

Email : Pujiastutiibrahim32@gmail.com, rizkycaww32@gmail.com

Abstrak

Bejana tekan (pressure vessel) merupakan wadah sebagai tempat untuk menampung fluida, baik cair maupun gas. Tangki merupakan salah satu alat yang penting dalam proses suatu industri, khususnya untuk industri kimia, perminyakan dan pembangkit listrik. Korosi menjadi salah satu hal yang mengganggu dalam proses penyimpanan terlebih minyak mentah. Metode yang digunakan untuk mengetahui laju korosi pada tangki ini yaitu wall thickness. Dari data kondisi operasi yang diambil pada bulan agustus 2018 bahwa T-03 tercatat bahwa Tangki T-03 menampung crude oil, untuk kondisi Tangki T-03 masih bagus ditandai dengan ketebalan shell 1-5 masih diatas batas minimum yang sudah ditentukan. Untuk shell 1 T_{act} sebesar 18,69 mm dengan T_{min} sebesar 13,589 mm dengan laju korosi sebesar 1,47 mm/tahun. Untuk shell 2 T_{act} sebesar 14,16 mm dengan T_{min} sebesar 9,906 mm dengan laju korosi sebesar 0,01 mm/tahun. Untuk shell 3 T_{act} sebesar 9,25 mm dengan T_{min} sebesar 7,306 mm dengan laju korosi sebesar 0,04 mm/tahun. Untuk shell 4 T_{act} sebesar 7,49 mm dengan T_{min} sebesar 4,547 mm dengan laju korosi sebesar 0,05 mm/tahun. Untuk shell 5 T_{act} sebesar 7,00 mm dengan T_{min} sebesar 2,507 mm dengan laju korosi sebesar 0,08 mm/tahun. Dapat disimpulkan kondisi Tangki T-03 masih dalam kondisi baik.

Kata Kunci: Bejana tekan, tangki, minyak mentah, laju korosi, *wall thickness*

Pendahuluan

BBM merupakan komoditas yang tidak bisa kita lepaskan dari kehidupan kita sehari-hari. Penggunaan bahan bakar antara lain untuk sektor transportasi seperti sepeda motor, mobil, kendaraan umum seperti ; bus, kereta api, kapal laut dan lain lain. Sementara untuk kegiatan usaha tentu saja sangat dibutuhkan sebagai bahan bakar dalam produksi.

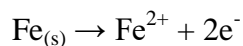
Sebelum disalurkan ke konsumen, minyak mentah terlebih dahulu di simpan di dalam tangki timbun untuk selanjutnya disalurkan ke konsumen melalui jalur jalur pipa ataupun melalui kapal tanker. Penggunaan tangki timbun ini banyak dimanfaatkan dalam industri, terutama industri perminyakan. Pengolahan minyak mentah

menggunakan tangki timbun sebagai sarana penyimpanan. Kebocoran merupakan permasalahan yang sering terjadi pada tangki sehingga perlu diperhatikan pada rancangan awal dikarenakan penggunaan tangki ini dalam jangka waktu yang lama. Selain itu pula pengaruh yang dapat membuat kinerja tangki tersebut menurun serta berpengaruh terhadap kualitas minyak bumi yaitu adanya impurities yang terdapat pada minyak mentah sehingga mengakibatkan terjadinya korosi yang terdapat pada dinding tangki, Korosi merupakan serangan destruktif material oleh reaksi dengan lingkungan Hidup. Konsekuensi serius dari proses korosi menjadi masalah signifikansi di seluruh dunia. Pengendalian korosi dapat dilakukan dengan mengenali dan memahami mekanisme korosi menggunakan bahan dan desain tahan korosi, menggunakan sistem pelindung, perangkat, serta perawatan

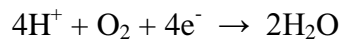
Korosi

Peristiwa alami pada material khususnya logam mempunyai suatu keterikatan dalam suatu sistem dan proses. Sebagian orang menyatakan korosi itu sama dengan karat, kenyataannya kedua istilah tersebut memiliki penempatan yang berbeda tetapi berhubungan satu sama lain. Korosi merupakan kerusakan material khususnya pada logam yang secara umum diakibatkan oleh reaksi antara logam dengan lingkungan sekitarnya, sedangkan karat dikhususkan pada logam *ferrous* (besi). Produk korosi sebagai hasil dari proses kerusakan memiliki berbagai macam antara lain oksida logam, kerusakan secara morfologi pada permukaan logam, perubahan sifat secara mekanis, perubahan sifat secara kimia. Terdapat beberapa jenis korosi yang secara umum dapat dibagi menjadi 12 jenis korosi.

Di kehidupan kita, air digunakan untuk berbagai tujuan, dari mendukung kehidupan sebagai air minum, untuk melakukan banyak kegiatan industri seperti pertukaran panas dan transportasi limbah. Tetapi pada logam air memiliki dampak yang negatif karena dapat menyebabkan korosi. Karena baja dan paduan berbasis besi lainnya merupakan bahan logam yang paling banyak terkena air, korosi akan dibahas dengan di khusus pada reaksi besi (Fe) dengan air (H₂O). Pada saat besi berinteraksi dengan air maka besi akan mengalami reaksi oksidasi pada anoda :



Sedangkan air akan mengalami reaksi reduksi pada katoda. Reaksi katodik dapat dipercepat dengan pengurangan oksigen terlarut sesuai dengan reaksi berikut yang disebut depolarisasi:



Faktor yang Mempercepat Proses Korosi

Dalam kondisi tertentu kecepatan korosi bisa sangat cepat sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada material, akan tetapi kecepatan korosi juga dapat sangat lambat sehingga tidak berpengaruh pada kekuatan material. Berikut ini adalah faktor-faktor yang dapat mempercepat korosi :

1. Lingkungan dengan sirkulasi oksigen yang berbeda akan memberikan laju korosi yang berbeda terhadap logam, daerah stagnan akan mendorong reaksi anodik (korosi), sebaliknya sirkulasi oksigen yang bagus akan cenderung mendorong reaksi katodik.
2. Peningkatan suhu dapat menambah laju korosi walaupun oksigen berkurang, akan tetapi dengan pertambahan suhu yang tinggi akan dapat mempercepat korosi.
3. Berdasarkan diagram Pourbaix, korosi akan lebih cepat apabila pH bersifat asam.
4. Bakteri Pada bakteri pereduksi jenis sulfat reducing bacteria (SRB), bakteri tersebut mengeluarkan kotoran yang berupa asam sulfat (H_2S) yang dapat mempercepat terjadinya korosi.
5. Garam yang terlarut Garam-garam yang terlarut akan menaikkan konduktifitas sehingga akan mempercepat terjadinya korosi. Didaerah pantai ion-ion Cl^- dapat mempercepat laju reaksi.
6. Kecepatan aliran dapat berpengaruh terhadap tingkat kecepatan korosi, apabila kecepatan aliran terlalu cepat akan menyebabkan korosi erosi pada bagian internal pipa yang akan merusak lapisan pasif inhibitor pada internal pipa. Hal ini dapat terjadi karena adanya peningkatan kecepatan aliran pada internal pipa yang menyebabkan gesekan antara permukaan internal pipa dengan aliran fluida semakin besar dan menyebabkan lapisan pasif inhibitor pada internal pipa mengalami kerusakan sehingga terjadi korosi.
7. Ketahanan material dapat berpengaruh terhadap tingkat korosi, dimana hal ini dipengaruhi oleh komposisi kandungan material campuran penyusun yang terdapat

pada material tersebut. Material yang sering digunakan untuk meningkatkan daya tahan terhadap korosi adalah cromium dan molibdenum.

Faktor yang Memperlambat Laju Korosi

Pemilihan material

Pada umumnya metode yang sering digunakan dalam proses pencegahan/pengendalian korosi antara lain memilih logam atau paduannya dalam suatu lingkungan korosif agar lebih tahan terhadap lingkungan tersebut. Beberapa contoh material yaitu :

a. Baja karbon

Logam yang sering dipakai yaitu baja karbon karena baja karbon secara ekonomi memiliki harga yang relatif murah, banyak sekali variasi jenis baja karbon dan dapat di kerjakan untuk permesinan, pengelasan dan dibentuk dalam berbagai bentuk. Beberapa jenis baja karbon dapat terjadi korosi perapuhan hidrogen (hidrogen *embrittlement*, korosi seragam, *stress corrosion*, *galvanic corrosion* dan sebagainya

b. *Stainless steel*

Baja stainless digunakan sebagai alternatif pengganti baja karbon. Beberapa jenis baja stainless antara lain *martensitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *austenitic stainless steel* dan *precipitation-hardening stainless steel*. Jenis ini umumnya lebih tahan terhadap korosi. Tapi kurang tahan terhadap beberapa korosi diantaranya *pitting corrosion*, *crevice corrosion* dan *stress cracking corrosion* pada beberapa kondisi lingkungan.

c. Paduan aluminium

Paduan aluminium ini umumnya digunakan di bidang penerbangan, otomotif dan sebagainya dikarenakan paduan ini mempunyai ketahanan terhadap korosi atmosfer, akan tetapi sifat protektif dari lapisan film oksida aluminium yang membentuk paduan mudah pecah secara lokal dan akan mengakibatkan kegagalan logam akibat korosi pada lokasi lapisan protektif tersebut. Lapisan protektif atau disebut juga lapisan pasif yang pecah akan mengakibatkan jenis korosi batas butir (*intergranular corrosion*) sehingga selanjutnya akan terjadi pelepasan butir-butir logam dari logam ke lingkungan (*exfoliation corrosion*).

d. Paduan tembaga

Paduan tembaga dengan kuningan dan perunggu pada umumnya digunakan sebagai material pipa, katup-katup dan perkakas (perabotan). Material tersebut rentan terhadap *stress corrosion cracking* saat di lingkungan bersenyawa amonia, dapat terjadi dealloying dan menyebabkan korosi dwi logam saat dipasangkan dengan baja atau struktur logam lainnya. Paduan-paduan tembaga ini relatif lunak sehingga rentan terjadi korosi erosi.

e. Titanium

Titanium merupakan logam yang ada di alam namun jumlahnya terbatas sehingga relatif mahal saat pembuatannya. Penggunaan ini sebagai bahan industri antariksa dan industri proses kimia. Dua jenis paduan titanium secara umum yaitu paduan ruang angkasa (*aerospace alloy*) dan tahan korosi. Walaupun paduan ini rentan terhadap *crevice corrosion* tetapi mempunyai ketahanan lebih dari materil logam lainnya.

Proteksi Katodik

Proteksi katodik merupakan perlindungan korosi dengan menghubungkan logam dengan potensial lebih tinggi ke struktur logam dengan logam yang berpotensi rendah sehingga sehingga tercipta suatu sel elektrokimia. Proteksi katodik dibagi menjadi dua yaitu:

a. Arus tanding

Proteksi katodik dengan sistem arus tanding dilakukan dengan alat sumber arus dari luar, anoda yang digunakan umumnya tidak habis, umumnya digunakan saat kebutuhan arus tinggi dan lingkungan resistivitas tinggi.

b. Anoda korban

Pengendalian korosi dengan menggunakan metode anoda korban dilakukan dengan menghubungkan anoda yang dijadikan korban ke struktur yang akan dilindungi, prinsipnya membuat suatu sel galvanik dengan mewakilkan anoda sebagai material kurang mulia yang akan habis saat interaksi galvanik.

Coating (pelapisan)

Perlindungan logam terhadap serangan korosi menggunakan metode pelapisan. Umum pelapisan yaitu melapiskan logam yang akan dilindungi dengan suatu bahan atau material pelindung. Beberapa jenis pelapisan yang digunakan untuk melindungi logam dari korosi dibagi 3 bagian yaitu pelapisan organik, non organik dan logam.

a. Pelapisan logam dan non organik

Proses pelapisan dengan ketebalan logam tertentu dapat memberikan batasan antara logam dan lingkungannya. Metode pelapisan dengan logam :

1. *Electroplating* (penyepuhan listrik)
2. *Hot dipping* (pencelupan panas)
Flame spraying (penyemprotan dengan semburan api)
3. *Cladding*
4. *Diffusion* (pelapisan difusi)

b. Pelapisan organik

Pelapisan ini memberikan batas antara material dasar dan lingkungan. Pelapisan organik antara lain menggunakan cat, vernis, enamel dan selaput organik dan sebagainya.

Tangki Timbun

Tangki timbun adalah wadah sebagai penampung fluida, baik cair maupun gas. Tangki Timbun merupakan salah satu alat proses suatu industri yang penting, khususnya untuk industri kimia, perminyakan dan pembangkit listrik seperti pada pembangkit tenaga nuklir. Dalam perancangan suatu Tangki timbun ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu:

1. Tegangan yang muncul pada dinding tangki tersebut akibat tekanan yang dihasilkan karena fluida yang berada dalam tangki.
2. Berat jenis fluida itu sendiri.
3. Tekanan akibat faktor eksternal, seperti beban angin dan gempa yang diperoleh oleh tangki.

Klasifikasi Tangki Timbun

Berdasarkan klasifikasi tangki timbun dapat ditinjau dari tekanan kerja dan letak pondasinya diklasifikasi sebagai berikut :

- a. Ditinjau dari tekanan kerja :
 - Tangki timbun tekanan rendah (atmosferis) yaitu tangki silinder tegak dan silinder horizontal (SPBU, DPPU).
 - Tangki timbun bertekanan yaitu tangki bentuk bola (*Spherical*) dan silinder horizontal.
- b. Ditinjau dari posisi / letaknya :
 - Tangki diatas tanah yaitu tangki silinder tegak, silinder horizontal dan bentuk bola.
 - Tangki benam sebagian (*semi burried tank*) yaitu tangki silinder horizontal
 - Tangki benam (*burried tank*) yaitu tanki silinder horizontal (SPBU, DPPU).

Tangki Atmsoferik

Tangki Timbun atmosferis adalah tangki mempunyai tekanan kerja sampai dengan ± 0.5 Psig. Tangki atmosferis biasanya dipakai untuk menyimpan minyak bumi dan hasil-hasilnya. Tangki atmosferis dikonstruksi dengan standar API 650.

Tangki Timbun Tekanan Rendah

Tangki Timbun tekanan rendah adalah tangki dengan tekanan kerja dalam tangki antara 0.5 Psig sampai dengan 15 Psig atau sedikit diatas atmosferis. Berdasarkan bentuknya ada 2 (dua) jenis yaitu :

- Tangki silinder vertikal (tegak)
- Tangki silinder horizontal

Tangki Silinder Tegak

Ditinjau dari jenis atapnya pada tangki silinder tegak, ada 2 (dua) jenis yaitu :

Fixed Roof Tank

Tangki atap tetap menurut standard API 650 ada 4 (empat) jenis, sebagai berikut :

- a. *Self Support Cone Roof Tank*

Tangki ini bertipe atap tetap dengan penyangga atap *rafter* mandiri. Konstruksi atap tangki tersebut harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

- Khusus untuk tangki dengan diameter < 30 ft (9.144 m)
- Diskonstruksi dengan atap kerucut yang hanya ditumpu oleh dinding tangki

- Sudut kemiringan atap dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\theta \leq 37^\circ \quad (\text{Slope} = 9 : 12)$$

$$\theta \geq 9,5^\circ \quad (\text{Slope} = 2 : 12)$$

- Tebal *pelat* atap min (t min) $t_{\min} \geq 3/16$ inchi dan maksimum 1/2 inchi

b. *Column Supported Cone Roof Tank*

Tangki ini bertipe atap tetap sama dengan tipe *self supported cone roof*, bedanya hanya untuk bentuk pendukung atapnya yang terbuat dari pipa atau struktur baja.

Column supported cone roof tank ini biasa dirancang untuk tangki :

- Khusus untuk tangki dengan diameter > 30 ft (9.144 m).
- Dikonstruksi dengan atap conis yang disangga oleh beberapa column
- Slope atau kemiringan atap harus 1 : 16
- Tebal pelat atap min 3/16" (5 mm).

c. *Self Supported Dome Roof Tank*

Jenis tangki ini dikonstruksi dengan atap melengkung seperti sebagai bola dan ditumpu hanya pada bagian tepinya oleh dinding tangki.

Radius lengkungan dari atap (R)

$$R_{\max} = 1,2 D \text{ (ft)}$$

$$R_{\min} = 0,8 D \text{ (ft)}$$

D = diameter nominal tangki (ft)

Tebal *pelat* atap minimum (t_{\min}) Tetapi tidak boleh < 3/16" dan maksimal 1/2"

d. *Column Supported Dome Roof Tank*

Kegunaan tangki tipe ini sama dengan tangki atap kerucut tetap (*self supported*) hanya dikonstruksi dengan kolom penyangga . Jenis tipe *column supported dome roof* ini sering digunakan untuk tangki dua dinding, dimana tangki sebelah dalamnya terbuat dari pelat *stainless steel* dan digunakan untuk penimbunan LNG.

Floating Roof Tank

Tangki ini dikonstruksi dengan atap yang dapat bergerak bebas naik turun mengikuti permukaan cairan. Untuk mencegah kebocoran antara tepi atap (*roof edge*) dengan dinding tangki sebelah dalam dipasang seal perapat. *Floating Tank* ini digunakan untuk menampung produk yang mempunyai tekanan penguapan (*vapour pressure*) besar, dengan maksud agar *losses* karena penguapan kecil. Demikian juga

kemungkinan timbulnya bahaya kebakaran dapat dihindari karena permukaan minyak selalu tertutup.

Disamping itu korosi dibagian dalam tangki dapat diperkecil karena tidak adanya ruang uap antara permukaan minyak dengan atap tangki. Bagian atap tangki terdiri dari beberapa kompartent dan tiap-tiap kompartent mempunyai man ways untuk pemeriksaan.

Floating Tank roof dilengkapi dengan *roof supporting legs* yang berfungsi untuk menjaga bila tangki dalam keadaan kosong.

Berdasarkan konstruksi atapnya ada 2 (dua) jenis *floating roof tank* yaitu :

- a. *Single deck (pontoon type) floating roof*
 - *Vapour loss* relatif lebih kecil dibanding *fixed roof*.
 - Digunakan untuk menyimpan produk yang mudah menguap.
 - *Slop* dari *pontoon suction* tetap untuk *drainage* adalah 3/16" dalam 12".
- b. *Double deck (double pontoon type) Floating Roof*
 - Sama dengan *single deck*, hanya susunan *potoon* double atas bawah.
 - *Vapour loss* lebih kecil disbanding dengan *single deck*, tetapi pemakaian bahan/ material lebih banyak.
 - Digunakan untuk menyimpan produk yang mudah menguap

Tangki Silinder Horizontal

Tangki horizontal dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu :

- a. Tangki diatas tanah (*above ground tank*)
- b. Tangki semi pendam (*semi buried tank*)
- c. Tangki pendam (*fully buried tank*)

Selain tangki tersebut di atas, ada juga tangki yang berbentuk bola (*spherical tank*) dan merupakan tangki bertekanan.

Rumus Perhitungan

Rumus Perhitungan *Thickness*

$$t_{min} = \frac{2,6 D (H - 1) G}{SE}$$

Rumus Perhitungan *Corrosion Rate*

$$Cr = \frac{t_{prev} - t_{act}}{\text{Year between}}$$

Rumus Perhitungan *Corrosion Rate*

$$Cr = \frac{t_{act} - t_{min}}{\text{Year between}}$$

Corrosion rate

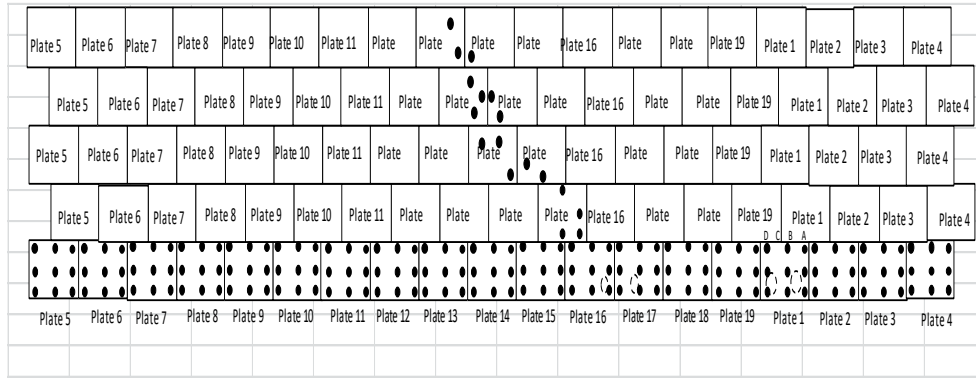
Metode Penelitian

Pada penelitian ini perhitungan laju korosi menggunakan metode *wall thickness*. Metode *wall thickness* adalah metode yang digunakan dengan membandingkan ketebalan aktual dengan ketebalan sebelumnya. Pengujian pada dinding tangki dengan menggunakan alat ukur, masing-masing dinding di ukur ketebalannya dari mulai dinding paling bawah hingga paling atas. Kemudian ketebalan pada saat pengujian dibandingkan dengan hasil pengujian sebelumnya, dengan metode ini dapat diketahui berapa ketebalan plat yang hilang pada tangki sehingga dapat dihitung laju korosinya. Pemeriksaan dilakukan pada saat tangki beroperasi dengan menggunakan pemeriksaan fisik secara visual dengan menggunakan metode *ultrasonic testing* menggunakan alat Dakota ultrasonic (CMX). Pemeriksaan keseluruhan pada tangki hanya dilakukan pada shell 1 sedangkan untuk shell 2 – 5, hanya dilakukan pada plat didaerah sebelah tangga saja.

Hasil dan Pembahasan

Data Lapangan

Dari hasil pemeriksaan di lapangan yang dilakukan pada tanggal 8 Agustus 2018 bertempat di PT X Tangki-03 pada saat dilakukan pemeriksaan dalam keadaan sedang beroperasi (*on stream*), maka dilakukan pemeriksaan fisik secara visual dilakukan dengan metode *Ultrasonic Testing* menggunakan alat Dakota Ultrasonic (CMX) pada sheel 1 saja karena pada shell 1 saja yang dapat dijangkau, sedangkan untuk shell 2 sampai dengan 5 hanya dapat dilakukan pemeriksaan pada daerah tangga saja dikarenakan untuk mengecek keseluruhan shell 2-5 diperlukan alat yaitu scaffolding. Pengecekan dilakukan dengan cara pengecekan ketebalan pelat (*wall thickness measurement*). Metode yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode perbandingan *thickness previous* dengan *thickness actual*, dengan menggunakan metode ini dapat diketahui berapa tebal yang hilang sehingga dapat pula dihitung *corrosion rate* nya. Dibawah ini merupakan gambar denah yang Tangki T-03 pada saat diambil sampel untuk mengetahui ketebalan plat yang akan di analisa.



Gambar 1.1 Denah *shell* dan *plate* Tangki T-03

Dari hasil pemeriksaan visual luar tangki didapat hasil sebagai berikut :

1. Tidak ditemukan kebocoran pada dinding tangki (*shell plate*)
2. Terdapat banyak lubang kecil yang terdapat pada *roof* tank akibat dari korosi
3. Banyak terdapat *product services* pada pondasi tangki
4. Beberapa titik terdapat cat yang mengelupas akibat pengecekan *thickness*
5. Cat pada *roof* banyak yang mengelupas.

Berikut adalah data *thickness* yang didapat dari *log sheet* dan pemeriksaan fisik secara visual dilakukan dengan metode *Ultrasonic Testing* menggunakan alat Dakota Ultrasonic (CMX) pada tanggal 29 April 2016 :

Tabel 1.1 Tabel Data Perbandingan *Thickness Previous* dan *Thickness Actual*

Couse	Thickness Previous (2015) (mm)	Thickness Actual (2016) (mm)
1	20,16	18,69
2	14,17	14,16
3	9,29	9,25
4	7,54	7,49
5	7,08	7,00

Perhitungan Data

Tabel 1.2 *Material Data for Construction*

SHELL	Sd (lbf/in ²)	St (lbf/in ²)	Nomin al Thickn ess (Inc)	Qty (Plate)
Cours : e #1 : ASTM A 283 Gr. C	26000	26000	0,535	19
Cours : e #2 : ASTM A 283 Gr. C	26000	26000	0,390	19

Analisa Laju Korosi Tangki T-03 Kapasitas 35000 M³ di Perusahaan X

Cours e #3	: ASTM A 283 Gr. C	26000	27000	0.277	19
Cours e #4	: ASTM A 283 Gr. C	26000	27000	0.179	19
Cours e #5	: ASTM A 283 Gr. C	26000	27000	0.081	19

Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi dan praktek pada Tangki T-03 PT X, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tangki yang digunakan pada tangki T-03 berjenis cone roof
2. Jenis korosi yang terjadi pada tangki T-03 antara lain general corrosion, pitting corrosion, freeting corrosion, dan stress corrosion. Faktor yang menyebabkan terjadinya korosi diatas antara lain adalah usia tangki, jenis fluida yang ditampung dan air hujan.
3. Terdapat banyak lubang di roof tank
4. Berdasarkan hasil perhitungan menyatakan bahwa tangki dalam kondisi baik.

BIBLIOGRAFI

- API Standard 510. 2001. *Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance Inspection, Rating, Repair, and Alteration*. Washington: American Petroleum Institute.
- API Standard 653. 2003. *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstructing*. Washington: American Petroleum Institute.
- Brownell, Lloyd E; Dan Edwin H Young. 1959. *Process Equipment Design Vessel Design*. New York. John Willey and Sons.
- H Bednar, Henry. 1986. *Pressure Vessel Design Handbook*. Florida: Krieger Publishing Company.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Priyotomo Gadang. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Jakarta: Nulisbuku.com
- R Trethewey, Kenneth. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta. PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta
- Roberge, Pierre R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw Hill
- Utomo, Budi. 2009. Jenis Korosi dan Penanggulangannya. Semarang: Kapal. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/viewFile/2731/2421>. Diakses pada tanggal 27 September 2018.