

# ANALISA UMUR SHELL UNTUK PERENCANAAN INSPEKSI PADA HEAT EXCHANGER DI KILANG MINYAK

Ahmad Fauzan Suryono [1], Sudaryanto [2], Rudianto [3]

[1] Staf Pengajar Prodi Teknik Mesin Universitas Bengkulu

[2] Alumni Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

[3] Staf Pengajar Akademi Teknologi Industri Padang (ATIP)

Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu.

Telp (0736) 344087, 22105 – 227

Email : [ahmeedm2k@gmail.com](mailto:ahmeedm2k@gmail.com)

## ABSTRACT

Heat exchanger is a device where there is a flow of heat transfer between two or more fluids at different temperatures, where both fluids flow in the system. Fluids with a higher temperature will transfer heat to a lower temperature fluid. The shell and tube type is chosen because it has a good mechanical arrangement with a form that is good enough for pressurized operations. Many factors that affect the life span of a heat exchanger include thickness, the rate of reduction in shell thickness and corrosion rate. In this study, the calculation of the corrosion rate is a variable to get the value of remaining life in order to find out whether the shell is still feasible to use. And also know the limits of the process from the shell for further inspections obtained after performing minimum thickness calculations and MAWP. In this calculation carried out using International Standards namely API 660 and ASME Section VIII Division I with material ASTM A-285 Grd C

From the results of calculations and analysis it was found that the estimated corrosion that occurred in the shell and tube heat exchanger 6-2A at the oil refinery for 14 years (2001 to 2015) amounted to 0.0857 mm/year and the Remaining Life (RL) which is 156.17 years. From these results it was concluded that the shell was feasible to be used until the year 2171. In addition, the MAWP value was also obtained at 5.414 MPa.

**Keywords:** Heat exchanger, shell and tube, corrosion rate, remaining life, shell, inspeksi, thickness minimum, MAWP.

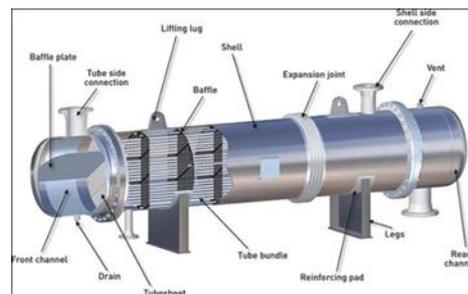
## 1. PENDAHULUAN

Pada proses pengolahan minyak mentah hingga menjadi produk-produk olahan, *heat exchanger* mempunyai peranan penting. *Heat exchanger* adalah peralatan kilang untuk memanaskan suatu fluida dingin dengan suatu fluida panas sehingga fluida dingin menjadi panas dan sebaliknya, dengan cara menyerahkan panas tanpa persentuhan antara kedua fluida itu. Shell and tube heat exchanger merupakan jenis *heat exchanger* yang paling banyak di jumpai di Kilang minyak. Pada penelitian ini, penulis akan membahas tentang umur sisa (*Remaining Life Assesment*) dari *shell* pada *shell and tube heat exchanger*). Banyak faktor yang mempengaruhi umur pakai dari heat exchanger antara lain *thickness*, laju pengurangan ketebalan shell, serta laju korosi.

## 2. Teori

*Heat exchanger* adalah suatu alat yang di mana terjadi aliran perpindahan panas diantara dua fluida atau lebih pada temperatur yang berbeda, dan fluida tersebut keduanya mengalir di dalam sistem. Di dalam *heat exchanger* tersebut, kedua fluida yang mengalir terpisah satu sama lain, biasanya oleh pipa silindris. Fluida dengan

temperatur yang lebih tinggi akan mengalirkan panas ke fluida yang bertemperatur lebih rendah. Salah satu tipe *heat exchanger* dapat dilihat pada Gambar 1<sup>[1]</sup>.



Gambar 1. *Heat Exchanger* [2]

Secara fungsional dan jenis perpindahan panasnya *heat exchanger* dapat dibagi menjadi beberapa tipe. Pembagian tipe *heat exchanger* secara fungsional diantaranya *recuperative type*, *regenerative/ storage type*, dan *direct mixing type*. Sementara itu, pembagian tipe *heat exchanger* berdasarkan permukaan perpindahan panasnya dapat diatur dalam beberapa bentuk diantaranya

*single tube arrangement, shell and tube arrangement, dan cross flow heat exchanger.*

**Pemeriksaan (monitoring)**

Pemeriksaan pada *heat exchanger* harus rutin dilakukan untuk memastikan kondisi fisik dari peralatan, menentukan laju korosi (corrosion rate) serta menentukan penyebab terjadinya kerusakan pada *heat exchanger*. Dari pemeriksaan tersebut bisa direncanakan untuk melakukan perbaikan-perbaikan atau pun pergantian kompoenen tertentu dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Selain itu dapat juga mencegah atau memperlambat kerusakan lebih lanjut dan menentukan waktu peralatan perlu diganti (*remaining life*). Dari hasil pemeriksaan ini yang tidak kalah pentingnya adalah untuk aspek keamanan (*safety*) karena adanya faktor korosi dan erosi pada *heat exchanger*. Korosi dan erosi ini dapat melemahkan bagian-bagian dari *Heat Exchanger* yang diserangnya sehingga akan menyebabkan kerusakan atau kegagalan.

Pada pemeriksaan dimensi ada tiga besaran yang sangat penting untuk diketahui sebagai berikut:

1. Batas ketebalan minimum (*minimum thickness*).
2. Laju kerusakan, rate of deterioration atau corrosion rate.
3. Sisa umur, remaining life.

Beberapa variabel utama yang mempengaruhi ketebalan minimum adalah ukuran, bentuk, tipe *heat exchanger*, material dan metode pembuatan. Bila kerusakan disebabkan oleh korosi dan erosi, corrosion rate dapat ditentukan dengan membandingkan selisih hasil pengukuran yang dilakukan dengan waktu pemakaian, dinyatakan dalam mm atau inci per tahun [3]

**Korosi**

Korosi merupakan salah satu hal yang sering menimbulkan masalah di lingkungan industri. Korosi dapat terjadi pada semua logam, terutama yang berhubungan langsung dengan udara atau fluida yang korosif. Komponen-komponen yang bersentuhan langsung dengan air terutama yang terus menerus atau cairan lain yang korosif akan mudah terserang oleh korosi. Komponen-komponen atau mesin yang bersentuhan secara terus menerus dengan air salah satunya adalah *heat exchanger*. Selain itu mesin lain yang sering mengalami masalah dengan korosi ini adalah mesin-mesin yang berfungsi sebagai penyuplai air dingin ke mesin-mesin industri seperti kompresor, kondensor dan chiller, air bersirkulasi di dalam sistem pendingin dan terjadi kontak

langsung dengan semua komponennya. Masalah klasik yang dihadapi sistem instalasi pendingin udara menggunakan media air adalah:

- 1) Proses pembentukan endapan baik berupa kerak (*scale*) maupun *fouling*
- 2) Proses korosi yang disebabkan oleh reaksi kimia
- 3) Masalah endapan dan korosi secara biologi (*Biological deposition and Corroton*) akibat keberadaan mikroorganisme dalam sistem *cooling tower*.

Cara menghilangkan korosi dan pengendalian kerak pada *heat exchanger* adalah dengan: pemilihan material logam, jenis dan dosis inhibitor korosi dan anti kerak yang memadai, maka masalah korosi dan kerak pada unit *heat exchanger* dapat diatasi, penghematan material logam, penurunan biaya pemeliharaan dan produktivitas berjalan dengan lancar[4].

**Corrosion Rate**

Perhitungan *Corrosion Rate Short Term* (laju korosi) adalah suatu perhitungan yang digunakan untuk mengukur tingginya laju korosi pada material shell [5].

$$CR = \frac{t_{previous} - t_{actual}}{T_{act}} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

CR : *corrosion rate* (laju korosi) (mm per year)

T<sub>previous</sub> : tebal *shell* pada pengukuran sebelumnya (mm)

t<sub>actual</sub> : tebal *shell* pada pengukuran saat ini (mm)

T<sub>act</sub> : waktu dari *pengukuran* sebelumnya hingga pengukuran korosi) (mm per year)

T<sub>previous</sub> : tebal shell pada pengukuran sebelumnya (mm)

t<sub>actual</sub> : tebal shell pada pengukuran saat ini (mm)

T<sub>act</sub> : waktu dari pengukuran sebelumnya hingga pengukuran saat ini

**Thickness Minimum**

Perhitungan minimum *thickness* adalah suatu perhitungan yang digunakan untuk menentukan tebal minimal dari *shell*, agar *shell* dapat tetap beroperasi dengan aman. Perhitungan ini juga merupakan salah satu variabel yang diperlukan untuk menentukan sisa umur pakai (*Remaining Life*) pada shell tersebut. Berdasarkan ASME Section VIII divisi I\_05 didapat persamaan *Circumferential Stress* (Sambungan Longitudinal). Kapan ketebalan tidak melebihi setengah dari jari-jari dalam, atau P tidak melebihi 0,385SE, rumus berikut ini berlaku[6]:

$$t_{min} = \frac{P \times R}{S \times E - 0,6 P} \dots\dots\dots(2)$$

Stress Longitudinal (Sambungan Sirkumferensial). Ketika ketebalan tidak melebihi setengah dari bagian dalam radius, atau P tidak melebihi 1,25SE, rumus berikut berlaku:

$$t_{\min} = \frac{P \times R}{2 \times S \times E + 0,4 P} \dots\dots\dots(3)$$

di mana:

- $t_{\min}$  : tebal minimal dari shell (mm)
- P : Internal Design Pressure (kg/cm<sup>2</sup>)
- S : Maximum allowable stress (kg/cm<sup>2</sup>)
- E : Joint Factor
- R : Inside radius of the shell (mm)

**Remaining Life**

Remaining Life (RL) adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan sisa umur pakai shell agar dapat beroperasi dengan aman berdasarkan tebal shell aktual. Rumus yang dipakai dalam perhitungan Remaining Life ini adalah:

$$RL = \frac{t_{\text{actual}} - t_{\text{required}}}{CR} \dots\dots\dots(4)$$

di mana:

- RL : Sisa Umur shell ( Year)
- $t_{\text{actual}}$  : Tebal hasil pengukuran (mm)
- $t_{\text{required}}$  : Minimum thickness (mm)
- CR : Corrosion Rate (mm per year)[6].

**Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)**

MAWP adalah kondisi maksimum operasi yang diperbolehkan. Design pressure selalu lebih besar dari MAWP. Persamaan yang digunakan adalah

$$MAWP = \frac{2 \times S \times E \times W \times t_{\text{actual}}}{D - (2 \times Y \times t_{\text{actual}})} \dots\dots\dots(5)$$

di mana :

- S : Maximum allowable stress (Kg/cm<sup>2</sup>)
- E : Longitudinal weld efficiency
- W : Weld joint strenght reduction
- D : Diameter Pipa (mm)
- Y : Coeficient [6].

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian dilakukan pada bagian heat exchanger horizontal di Crude Distilation Unit. Pengamatan dilakukan dengan cara pengamatan langsung pada bagian heat exchanger horiontal dan dilakukan analisa. Pada studi kasus yang akan dilakukan yaitu menghitung Remaining Life pada shell Heat Exchanger Crude Distilation Unit Pada perhitungan ini dilakukan menggunakan Standar Internasional yaitu API 660 dan ASME Section VIII Divisi I dengan material yaitu ASTM A-285

Grd C [6].

Setelah dilakukannya pengumpulan data, didapat data-data yang mendukung untuk perencanaan shell heat exchanger, yaitu thickness shell pada tahun 2001 dan pada tahun 2015. Dengan dilakukan perhitungan berulang tiap sudut shell yaitu 0°, 90°, 180°, dan 270°. Posisi koordinat pada shell tersebut dapat dilihat pada Gambar 2



**Gambar 2.** Posisi Koordinat Pada Shell Heat Exchanger

**Spesifikasi Heat Exchanger**

Adapun spesifikasi dari Heat Exchanger Crude Distiation Unit V 6-2A dapat dilihat pada tabel 1 berikut;

**Tabel 1.** Spesifikasi Heat Exchanger

Simbol	Keterangan	Nilai	Satuan
Td	Design Temperature	343	°C
Pd	Design Pressure	24,6	kg.f/cm <sup>2</sup>
S	Maximum allowable stress	1029,91	kg.f/cm <sup>2</sup>
E	Longitudinal weld efficiency	1029,91	kg.f/cm <sup>2</sup>
W	Weld joint strenght reduction	1	
Y	Coeficient	0,4	
D	Diameter	32	inchi
Date.p	Date of Previous Inspection	2001	
Date.a	Date of Actual Inspection	2015	
t.act	Min thickness measurement for current insp	25,00	mm

**4. PEMBAHASAN**

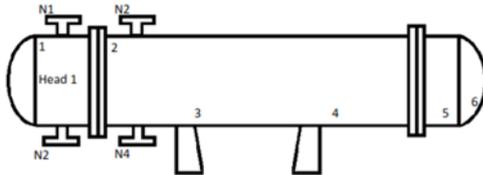
Dan juga dari hasil pengumpulan data, didapat thickness bagian-bagian heat exchanger 6-2A pada inspeksi tahun 2001 dan 2015, yang

dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3

**Tabel 2.** *Thickness Heat Exchanger 6-2A tahun 2001*

NO	Actual Thickness (mm)			
	0°	90°	180°	270°
1	26,0	25,4	26,2	27,3
2	27,4	27,2	27,3	27,1
3	26,8	26,5	26,3	26,2
4	26,0	26,5	26,3	26,1
5	26,8	26,1	26,6	26,9
6	26,6	26,5	25,1	25,5
N1	-	-	-	-
N2	7,0	7,4	7,3	7,8
N3	7,8	8,2	8,0	8,1
N4	-	-	-	-

Adapun keterangan gambar dari tabel 4.2 dapat dilihat pada Gambar 4.2



**Gambar 3.** *Thickness Heat Exchanger 6-2A Pada Inspeksi Tahun 2001*

**Tabel 4** Hasil perhitungan inspeksi 2015

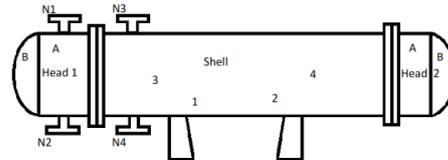
Sudut (°)	t <sub>previous</sub> (mm)	t <sub>actual</sub> (mm)	CR	RL (y)	MAWP (MPa)
0	26,8	25,87	0,0664	214,67	5,6
90	26,5	26,08	0,03	482,13	5,64
180	26,3	25,94	0,0257	557,35	5,61
270	26,2	25,00	0,0857	156,17	5,414

**Tabel 3.** *Thickness Heat Exchanger 6-2A tahun 2015*

NO	Actual Thickness (mm)				
	Deskripsi	00	900	1800	2700
	Head 1				
1	A	23,75	24,97	25,02	22,50

2	B	24,64	26,15	25,95	26,11
	Head 2				
3	A	24,41	24,05	23,96	21,90
4	B	25,55	25,51	25,62	25,57
	Shell				
5	1	25,87	26,08	25,94	25,00
6	2	-	26,49	-	26,02
7	3	-	26,03	-	26,07
8	4	26,09	26,12	25,84	26,03
9	N1	7,01	7,22	7,15	7,11
10	N2	7,21	7,10	7,05	7,15
11	N3	7,13	7,38	7,27	7,21
12	N4	6,85	7,01	7,08	6,91

Adapun keterangan gambar dari tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 4



**Gambar 4.** *Thickness Heat Exchanger 6-2A Pada Inspeksi Tahun 2015*

#### 4.1 Tabel Hasil Perhitungan

Tabel hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

##### 4.1.1 Tabel hasil perhitungan inspeksi 2015

Adapun tabel hasil perhitungan tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4

##### 4.1.2 Tabel hasil perhitungan inspeksi selanjutnya(2020)

Adapun tabel hasil perhitungan untuk inspeksi selanjutnya yaitu pada tahun 2020 dapat di lihat pada Tabel 5

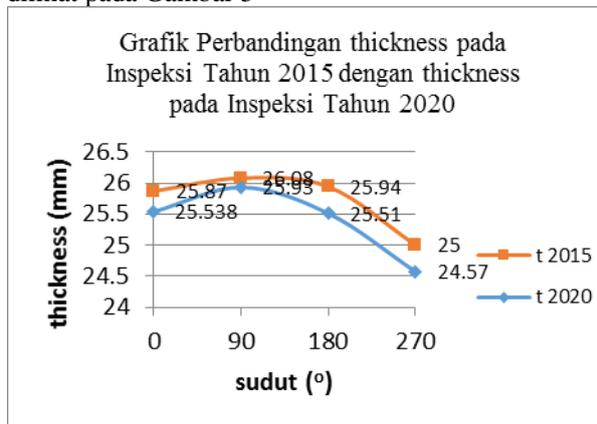
**Tabel 5.** Hasil perhitungan untuk inspeksi selanjutnya(2020)

Sudut (°)	Corrosion loss (mm)	t <sub>previous</sub> (mm)	t <sub>estimate</sub> (mm)	MAWP <sub>e</sub> estimate (MPa)
0	0,332	25,87	25,538	5,53
90	0,15	26,08	25,93	5,61
180	0,1285	25,94	25,51	5,52

270	0,4285	25,00	24,57	5,319
-----	--------	-------	-------	-------

#### 4.1.3 Grafik Perbandingan *Thickness* Inspeksi Tahun 2015 dengan *Thickness* Inspeksi Tahun 2020

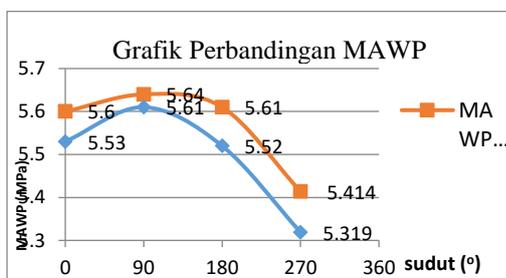
Grafik perbandingan *thickness* pada tahun 2015 dengan *thickness* pada tahun 2020 digunakan untuk melihat selisih yang terjadi antara *thickness* tahun 2015 dengan *thickness* tahun 2020 yang bertujuan untuk mengetahui pengurangan *thickness* yang terjadi tiap titik per sudutnya. Grafik perbandingan *thickness* pada tahun 2015 dengan *thickness* tahun 2020 dapat dilihat pada Gambar 5



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan *Thickness* Inspeksi Tahun 2015 dengan *Thickness* Inspeksi Tahun 2020

#### 4.1.4 Grafik Perbandingan MAWP Pada Tahun 2015 dengan MAWP estimate pada Tahun 2020

Grafik yang didapat setelah dilakukannya perhitungan yaitu didapat grafik perbandingan MAWP ketika dilakukan inspeksi tahun 2015 dengan MAWP<sub>estimate</sub> yaitu perkiraan dari nilai MAWP saat dilakukan inspeksi selanjutnya pada tahun 2020. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 6



#### Gambar 6. Grafik Perbandingan MAWP Inspeksi Tahun 2015 dengan MAWP Inspeksi Tahun 2020

#### 4.1.5 Analisa

Perhitungan pada shell heat exchanger berdasarkan standar ASME-BPVC Sec VIII Div I. Adapun parameter-parameter yang dicari yaitu:

- *Corrosion Rate Short Term (CRST)*
- *Thickness minimum* ( $t_{min}$ )
- *Remaining Life (RL)*

Untuk pengambilan data inspeksi berupa nilai *thickness* minimum pada tahun 2001 dan 2015 yaitu untuk posisi *thickness* yang sama dimana pada kedua inspeksi ini pada tahun 2001 menggunakan hasil *thickness* shell pada nomor 3 dan posisi yang sama pada tahun 2015 berada pada nomor 1 posisi *shell*. Posisi tersebut dipilih karena data inspeksi *thickness* pada tahun 2001 dan tahun 2015 yang memiliki posisi pengukuran yang sama hanya di posisi tersebut.

Dari data pada Tabel 4 dan Tabel 5 didapat grafik perbandingan antara *thickness* tahun 2015 dengan *thickness* tahun 2020 dan MAWP tahun 2015 dengan MAWP pada tahun 2020. Sehingga dari grafik tersebut didapatkan titik yang mengalami pengurangan *thickness* terbesar, yaitu terjadi pada titik dengan sudut 270° dengan pengurangan *thickness* sebesar 0,43 mm yang terjadi selama 5 tahun (2015-2020).

Sedangkan pengurangan *thickness* terkecil terjadi pada titik dengan sudut 90°, di mana *thickness* aktualnya adalah 26,08 mm dan *thickness estimate* atau perkiraan *thickness* shell pada sudut 90° pada tahun 2020 yaitu 25,93 mm. Dari data tersebut menunjukkan bagian shell tersebut hanya terjadi pengurangan *thickness* 0,15 mm selama 5 tahun (2015-2020).

Pengurangan *thickness* yang terjadi pada setiap titik shell sebanding dengan hasil penurunan tekanan maksimal (MAWP) dari shell. Apabila *shell* tersebut mengalami pengurangan *thickness* maka MAWP dari shell tersebut akan menurun.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Perkiraan korosi yang terjadi pada *shell and tube heat exchanger* 6-2A di kilang minyak selama 14 tahun (2001 sampai dengan 2015) sebesar 0,0857  $mm/year$ . Agar *shell* dapat tetap beroperasi dengan aman, *thickness minimum* yang disarankan adalah setebal 11,616 mm. Sisa umur pakai dari *shell heat exchanger* 6-2A yang didapat dari perhitungan *Remaining Life (RL)* yaitu 156,17 years. Dari hasil tersebut

disimpulkan bahwa *shell* layak digunakan sampai tahun 2171. Dengan dilakukan *inspeksi* secara berkala 5 tahun sekali. kondisi maksimum operasi yang diperbolehkan sebagai batasan tekanan yang dapat dikerjakan dengan *shell* tersebut setelah dilakukan perhitungan didapat MAWP sebesar 5,414 MPa. Data menggunakan *thickness* terkecil yaitu pada sudut 270°.

2. Untuk menjaga kinerja dari *shell heat exchanger* tersebut perlu dilakukan perencanaan yaitu dengan memperkirakan atau menghitung  $t_{estimate}$  dan MAWP *Next Inspection* didapat hasil yaitu  $t_{estimate} = 24,57$  mm dan hasil untuk MAWP *Next Inspection* sebesar 5,319 MPa.

## 5.2 Saran

Adapun saran dari penelitisn ini sebagai berikut:

1. Lakukan perhitungan *shell* pada banyak titik dengan posisi yang sama dari hasil inspeksi (pada tahun 2001 dan 2015) agar didapat bagian *shell* yang mengalami korosi atau pengurangan *thickness* terbesar.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudrajat, Jajat. 2017. *Analisa Kinerja Heat Exchanger Shell and Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau*. Universitas Mercu Buana.
- [2] Tanady, Melisa (2018, 5 Maret). *Pelatihan Heat Exchanger Design, Operation, and Troubleshooting*:  
[http:// transform-mpi.com/training-heat-exchanger.html](http://transform-mpi.com/training-heat-exchanger.html).
- [3] Hadi Sunandrio, Sutarjo. 2014. *Serangan Korosi Sumuran pada tube Heat Exchanger Di Kilang Pengolahan Minyak*. BPP Teknologi Kawasan PUSPITEK. Banten
- [4] Ecolab Company. 2016. *Pengendalian korosi dan pembentukan kerak pada unit heat exchanger*. Jakarta; Nalco Water Malau.
- [5] Dony Prayudha, Elfida Moralista, Dr. Ir. Yunus Ashari. 2018. *Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (Remaining Service Life) pada Jalur Pipa Transportasi Crude Oil dari Spu-A Mundu ke Terminal Balongan di PT Pertamina Ep Asset 3 Jatibarang Field Indramayu*. Universitas Islam Bandung
- [6] ASME-Boiler and Pressure Vessel Code. 2013. ASME Internasional

