

EVALUASI REMAINING LIFE TREATING VESSEL-V2 BERDASARKAN INSPEKSI DI PT. X

Nurul Yatimah^{1*}, Ayende¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Cepu, Blora
Jawa Tengah, 58315, Indonesia

*E-mail: nurulyatimah1502@gmail.com

ABSTRAK

Bejana tekan (*Pressure Vessel*) merupakan sebuah wadah tertutup yang digunakan untuk menampung fluida cair ataupun gas, bejana tekan sendiri digunakan untuk menampung fluida yang memiliki temperature berbeda dengan temperature lingkungan sekitar serta memiliki tekanan tinggi didalamnya. *Pressure Vessel-V2* di PT. X digunakan untuk proses *treating* dengan tujuan untuk mengurangi H₂S dan RSH dengan menggunakan *caustic soda* (NaOH) dalam bentuk larutan. Untuk memastikan operasi optimal, diperlukan inspeksi teknis pada *Pressure Vessel*. Untuk itu dilakukan evaluasi pada *Pressure Vessel* tersebut berdasarkan standar ASME Section VIII Divisi 1 guna mencegah kerusakan secara tiba-tiba dengan cara memperkirakan sisa umur optimal pengoperasian, kondisi operasi maksimum dan juga perawatan pada *pressure vessel*. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa dari kondisi operasi maka *damage mechanism* yang mungkin terjadi adalah *Atmospheric Corrosion*, *Errosion Corrosion*, *High temperature H₂/H₂S Corrosion*, dan *Caustic Corrosion* dengan kondisi operasi V2-Treating pada tekanan dan suhu operasi yaitu 448 kPa dan 232.22 °C. Perawatan berkala yang harus dilakukan pada *pressure vessel* yaitu setiap 3 (tiga) tahun sekali mencakup pemeriksaan visual, *ultrasonic thickness test*, serta uji lainnya dengan sisa umur operasi pada V-2 *Treating Vessel* adalah sebesar 50 tahun.

Kata kunci: *Pressure Vessel*, evaluasi, ASME Section VIII

1. PENDAHULUAN

Perkembangan korosi pada bejana tekan serta ledakan yang sering dialami menjadi perhatian yang serius. Kegagalan serta bencana yang ditimbulkan bejana tekan sempat menewaskan delapan awak di pelabuhan Miami pada tahun 2003. Maka dari itu dalam proses perancangan dan pengoperasian bejana tekan diharuskan untuk selalu berhati-hati karena berakibat fatal dan berisiko bagi manusia dan lingkungan.[1]

Bejana tekan (*Pressure Vessel*) merupakan sebuah wadah tertutup yang digunakan untuk menampung fluida cair ataupun gas yang kemudian digunakan untuk proses disuatu industri seperti industri kimia, *oil and gas*, pembangkit serta pada sektor rumah.[2]

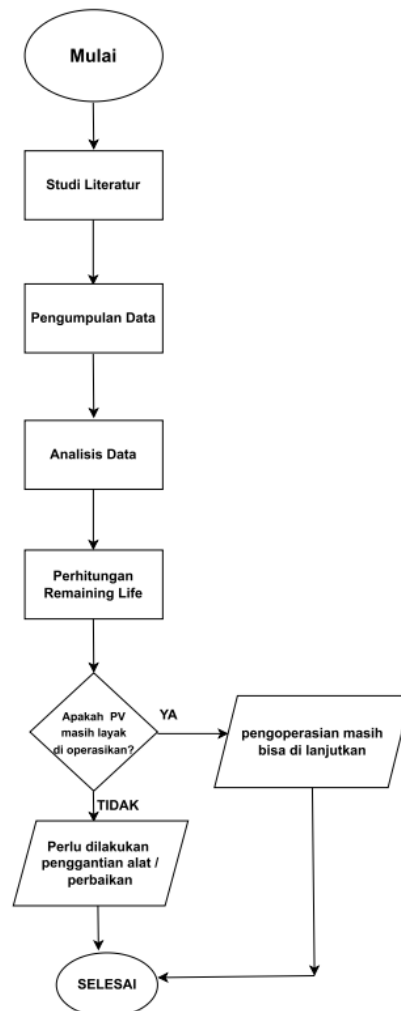
Seiring dengan perkembangan zaman maka kemajuan dalam rekayasa bejana tekan pun beragam seperti terobosan material dengan peningkatan kekuatan, daya tahan, ketahanan korosi serta metode pengelasan.[3] sebagaimana dijelaskan dalam penelitian oleh Moamar Al Qathafi, Sulistijono 2015, metode inspeksi visual examination dan ultrasonic sangat diperlukan untuk mengetahui nilai resiko dan risk level suatu peralatan. [4]

Salah satu proses penting di industri *oil and gas* yang dilakukan bejana tekan yaitu proses pemurnian. Partikel berbahaya yang terkandung di dalam minyak akan di pisahkan terlebih dahulu sebelum di distribusikan ke konsumen. [5] Desain *pressure vessel* sangat bergantung pada tekanan, suhu, material yang dipilih, korosi dan banyak parameter lainnya tergantung aplikasi. [6] perhitungan *corrothion rate* untuk mengetahui sisa umur pengoperasian sebuah bejana tekan sesuai standar ASME SEC VIII BPVC perlu dilakukan guna mencegah kerusakan tiba-tiba. [7] Selain itu, jadwal perawatan berkala juga harus rutin dilakukan supaya dapat

menganalisis kendala dari setiap instrumen bejana tekan tersebut. [8] dikarenakan ledakan bejana tekan bisa terjadi kapan saja karena banyak faktor diantaranya ketidaksesuaian lingkungan kerja, ketidaksesuaian desain dan adanya beban dinamis serta *over pressure*. [9] maka dari itu jika nilai sisa umur pada bejana tekan telah habis maka rekomendasi mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan penggantian pada bejana tekan tersebut. [10] Maka dari itu tujuan dilakukannya penelitian ini dengan harapan dapat mengetahui sisa umur pengoperasian, kondisi operasi maksimum dan juga metode perawatan pada *pressure vessel*.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi sisa umur pada *V-2 Treating Vessel* di PT.X. Dalam proses mengevaluasi *pressure vessel* tersebut digunakan metode inspeksi *Ultrasonic Testing*. Pemilihan metode inspeksi *Ultrasonic Testing* memiliki keunggulan mampu mendeteksi cacat internal, pengukuran ketebalan yang akurat serta kemudahan penggunaan di lapangan. Metode ini sangat cocok digunakan untuk inspeksi *pressure vessel* karena dapat memberikan hasil yang tepat tanpa merusak material atau melakukan prosedur yang berbahaya. Langkah penelitian ini dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Evaluasi V2- Treating Vessel

3. PEMBAHASAN

Dalam pembahasan ini penulis memaparkan Evaluasi V2-Treating Vessel. Tabel 1 digunakan acuan *data sheet* sebagai basis data engineering yang dilakukan.

Tabel 1 Data Sheet

Code	ASME VIII Div. 1		
Regulation certf	Migas		
Design condition	Pressure	psi	65.00
	Pressure	kPa	448.00
	Temperatur	°F	450.00
	Temperature	°C	232.22
Material		SA-283 Grade C	
Allowable stress material		kPa	108000
Joint Efficiency shell (E)			0.70
Type of Shell		Ellipsoidal	
Outside Diameter		mm	2489.2
Outside Radius		mm	1244.60
Thickness Actual Shell		mm	17.92
Corrosion rate		mm/year	0.45
Corrosion Allowance		mm	3.00

A. Perhitungan Shell dan Head

Perhitungan *Pressurized part* dilakukan menggunakan standar ASME VIII Div.1 sebagai berikut:

SHELL (UG-27)

Minimum thickness Shell (UG-27)

Circumferential stress

$$t = \frac{P R_o}{S E + 0.4 P} \quad (1)$$

$$t = \frac{448 \times 1244.60}{108000 \times 0.7 + 0.4 \times 448}$$

$$t = 7.36 \text{ mm}$$

HEAD (UG-32)

Minimum thickness Head

$$K = 1$$

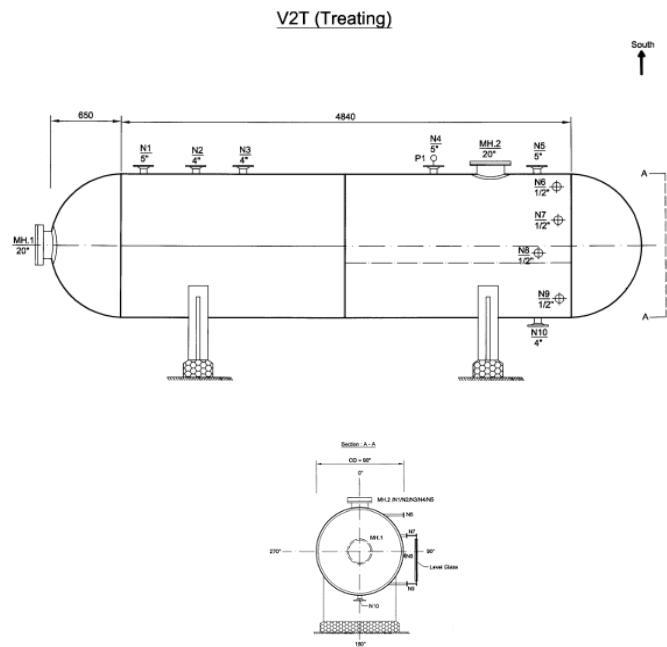
$$t = \frac{P D_o K}{2 S E + 2 P (K - 0.1)} \quad (2)$$

$$t = \frac{448 \times 2489.2 \times 1}{2 \times 108000 \times 0.7 + 2 \times 448 (1 - 0.1)}$$

$t = 7.34mm$

B. Data Inspeksi Ketebalan

Data inspeksi pada Tabel 2 diambil pada tahun 2011 dan tahun 2023 dengan metode Ultrasonic test. Gambar 2 merupakan sketsa *Pressure Vessel*.



Gambar 2. sketsa Pressure Vessel

Tabel 2. Data inspeksi ketebalan

NO	POSSITION	T MIN	2011	2023
Shell				
1	0	7.36	18.71	17.8
	90	7.36	18.56	18.4
	180	7.36	18.74	17.3
	270	7.36	18.65	18.4
2	0	7.36	18.65	17.8
	90	7.36	17.92	17.1
	180	7.36	19.26	17.7
	270	7.36	17.98	17.9
3	0	7.36	18.30	17.8
	90	7.36	19.97	17.9
	180	7.36	18.36	17.7
	270	7.36	18.00	17.8

4	0	7.36	18.78	16.6
	90	7.36	18.68	17.0
	180	7.36	18.70	18.4
	270	7.36	18.78	18.6
head				
H1	0	7.336	20.34	19.9
	90	7.336	20.97	20.9
	180	7.336	19.6	19.6
	270	7.336	18.8	18.8
H2	0	7.336	17.96	16.6
	90	7.336	18.40	18.3
	180	7.336	18.43	12.6
	270	7.336	18.43	18.2

C. Analisa Sisa Umur

Perhitungan *corrosion rate* digunakan untuk mengetahui korosi terbesar yang terjadi pada *Shell* dan *Head*.

Corrosion rate pada Shell

Perhitungan *corrosion rate* pada sisi *Shell* berikut dilakukan pada titik dengan tingkat korosi paling tinggi.

Corrosion rate:

$$cr = \frac{t_{2011} - t_{2023}}{12} \quad (3)$$

$$cr = \frac{19.97 - 17.9}{12}$$

$$cr = 0.172 \text{ mm/year}$$

Tabel 3 berikut menyajikan data hasil perhitungan *Corrosion Rate* pada sisi *Shell* berdasarkan posisi yang dilakukan inspeksi.

Tabel 3. Data Corrosion Rate shell

NO	POSITION	T MIN	2011	2023	Δ T	CR(mm/y)
1	0	7,4	18.71	17.8	12	0.0758
	90	7,4	18.56	18.4	12	0.013
	180	7,4	18.74	17.3	12	0.12
	270	7,4	18.65	18.4	12	0.020
2	0	7,4	18.65	17.8	12	0.070
	90	7,4	17.92	17.1	12	0.068
	180	7,4	19.26	17.7	12	0.13
	270	7,4	17.98	17.9	12	0.006
3	0	7,4	18.30	17.8	12	0.041
	90	7,4	19.97	17.9	12	0.172
	180	7,4	18.36	17.7	12	0.055
	270	7,4	18.00	17.8	12	0.016

4	0		18.78	16.6	12	0.1817
	90		18.68	17.0	12	0.14
	180		18.70	18.4	12	0.025
	270		18.78	18.6	12	0.015

Corrosion rate pada Head

Perhitungan *corrosion rate* pada sisi *Head* berikut dilakukan pada titik dengan tingkat korosi paling tinggi

Corrosion rate:

$$cr = \frac{t_{2011} - t_{2023}}{12} \quad (4)$$

$$cr = \frac{18.43 - 12.6}{12}$$

$$cr = 0.485 \text{ mm/year}$$

Tabel 4 berikut menyajikan data hasil perhitungan Corrosion Rate pada sisi Head berdasarkan posisi yang dilakukan inspeksi. Dari perhitungan *corrosion rate* pada shell dan head maka dapat di nilai corrosion rate maksimum sebesar 0.18167 mm/year.

Tabel 4. Data Corrosion Rate Head

NO	POSITION	2011	2023	Δ T	CR (mm/y)
H1	0	20.34	19.9	12	0.036
	90	20.97	20.9	12	0.005
	180	19.6	19.6	12	0
	270	18.8	18.8	12	0
H2	0	17.96	16.6	12	0.113
	90	18.40	18.3	12	0.008
	180	18.43	12.6	12	0.485
	270	18.43	18.2	12	0.019

Sisa Umur Operasi

a. Perhitungan sisa umur pada shell:

Perhitungan sisa umur operasi pada sisi *Shell Pressure Vessel* dilakukan menggunakan thickness actual paling rendah untuk memastikan keamanan dan keandalannya dalam operasi

$$Rl = \frac{t_{2023} - t_{min}}{cr \text{ max}} \quad (5)$$

$$Rl = \frac{16.6 - 7.4}{0.18167}$$

$$Rl = 50.874 \text{ year}$$

Tabel 5. Data Perhitungan sisa umur pada Shell

NO	POSITION	THICKNESS ACTUAL			Max cr : 0.181
		T MIN	2023	Δ T	RL (year)
1	0	7.36	17.8	12	57.479
	90	7.36	18.4	12	60.782
	180	7.36	17.3	12	54.727

	270	7.36	18.4	12	60.782
2	0	7.36	17.8	12	57.479
	90	7.36	17.1	12	53.626
	180	7.36	17.7	12	56.929
	270	7.36	17.9	12	58.030
3	0	7.36	17.8	12	57.479
	90	7.36	17.9	12	58.030
		7.36			
	180		17.7	12	56.929
	270	7.36	17.8	12	57.479
4	0	7.36	16.6	12	50.874
	90	7.36	17.0	12	53.075
	180	7.36	18.4	12	60.782
	270	7.36	18.6	12	61.883

b. Perhitungan sisa umur pada head:

Perhitungan sisa umur operasi pada sisi *Head Pressure Vessel* dilakukan menggunakan *thickness actual* paling rendah untuk memastikan keamanan dan keandalannya dalam operasi

$$\begin{aligned}
 Rl &= \frac{t_{2023} - t_{min}}{cr \max} \\
 Rl &= \frac{12.6 - 7.336}{0.18167} \\
 Rl &= 28.975 \text{ year}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Tabel 6. Data Perhitungan sisa umur pada Head

NO	POSITION	THICKNESS ACTUAL		Max Cr : 0.181667	
		T MIN	2023	Δ T	RL(year)
H1	0	7.336	19.9	12	69.158
	90	7.336	20.9	12	74.663
	180	7.336	19.6	12	67.507
	270	7.336	18.8	12	63.103
H2	0	7.336	16.6	12	50.993
	90	7.336	18.3	12	60.351
	180	7.336	12.6	12	28.975
	270	7.336	18.2	12	59.800

Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)

Perhitungan MAWP dilakukan untuk mengetahui tekanan maksimum operasi sebelum *pressure vessel* mengalami kerusakan.

a. *Shell corroded*

Perhitungan *shell corroded* ini dilakukan untuk mengetahui apakah ketebalan dinding *shell* masih memenuhi standar yang ditetapkan.

$$P_w = \frac{S_{DT} Et_{sc}}{R_o - 0.4t_{sc}} \quad (7)$$

$$P_w = \frac{108000 \times 0.7 \times 7.36}{1244.60 - 0.4 \times 7.36}$$

$$P_w = 448.124 \text{ kPa}$$

Setelah dilakukan perhitungan *shell corroded* maka didapatkan hasil tekanan maksimum operasi yaitu 448.124 kPa.

b. *Head corroded*

Perhitungan *Head corroded* ini dilakukan untuk mengetahui apakah ketebalan dinding *Head* masih memenuhi standar yang ditetapkan.

$$P_w = \frac{2S_{DT} Et_{hc}}{D_o - 1.8t_{hc}} \quad (8)$$

$$P_w = \frac{2 \times 108000 \times 0.7 \times 7.33}{2489.2 - 1.8 \times 7.33}$$

$$P_w = 447.61 \text{ kPa}$$

Setelah dilakukan perhitungan *head corroded* maka didapatkan hasil tekanan maksimum operasi yaitu 447.61 kPa.

c. *Shell* pada ketebalan sekarang

Untuk memastikan keamanan operasi dan mengidentifikasi kerusakan dini, maka perlu dilakukan perhitungan ketebalan pada sisi *shell* supaya pressure vessel tetap memenuhi semua standar dan keamanan yang berlaku.

$$P_w = \frac{S_{DT} Et}{R_o - 0.4t} \quad (9)$$

$$P_w = \frac{108000 \times 0.7 \times 16.6}{1244.60 - 0.4 \times 16.6}$$

$$P_w = 1013 \text{ kPa}$$

Setelah dilakukan perhitungan *shell* pada ketebalan sekarang maka didapatkan hasil 1013 kPa dan masih memenuhi batasan sesuai standar ASME Section VIII Div.1.

d. *Head* pada ketebalan sekarang

Untuk memastikan keamanan operasi dan mengidentifikasi kerusakan dini, maka perlu dilakukan perhitungan ketebalan pada sisi *head* supaya pressure vessel tetap memenuhi semua standar dan keamanan yang berlaku

$$P_w = \frac{2S_{DT} Et}{D_o - 1.8t} \quad (10)$$

$$P_w = \frac{2 \times 108000 \times 0.7 \times 12.6}{2489.2 - 1.8 \times 12.6}$$

$$P_w = 772.39 \text{ kPa}$$

Setelah dilakukan perhitungan *Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)* pada *Shell* dan *Head* maka didapatkan hasil bahwa ketebalan dinding *shell* dan *head* saat ini masih aman sesuai dengan standar ASME Section VIII Div.1

Pertimbangan Kerusakan Operasi

Pertimbangan kerusakan yang dapat terjadi berdasarkan kondisi operasi, V2-Treating dengan tekanan dan suhu operasi yaitu 448 kPa dan 232.22°C. beberapa kemungkinan kerusakan yang dapat terjadi antara lain:

a. *Atmospheric Corrosion*

Korosi atmosferis terjadi akibat kontak langsung logam dengan lingkungan sekitar yang mengandung unsur yang dapat meng-oksidasi material.

Factor yang mempengaruhi kegagalan yaitu: [12]

1. Kelembapan udara

Karena udara di daerah peralatan beroperasi termasuk lembab mencapai 60% maka dari itu *atmospheric corrosion* mungkin terjadi.

2. Kontaminan berupa garam, asam dan debu
Pencegahan dapat dilakukan dengan menginsulasi peralatan dengan udara luar. Dapat dilakukan dengan menggunakan coating.
- b. *Erosion Corrosion*
Erosi merupakan peristiwa terkikisnya permukaan peralatan akibat aliran fluida. Fluida yang bersifat erosive adalah yang mengandung partikel padat dan laju aliran fluida yang sangat besar. Faktor yang mempengaruhi kegagalan: [12]
 1. Partikel padat pada fluida
 2. Kavitasi
 3. Laju aliran fluida
 Pencegahan dapat dilakukan dengan menginsulasi peralatan dengan udara luar. Dapat dilakukan dengan memilih material dengan kekerasan yang tinggi.
- c. *High temperature H₂/H₂S Corrosion*
Hydrogen dalam hidrokarbon yang mengandung H₂S dapat mengalami peningkatan suhu tinggi korosi Sulfidasi (Sulfida) pada suhu di atas 450 °F. karena tekstur permukaan terkorosi yang relative seragam yang di hasilkan oleh korosi H₂/H₂S dapat menyebabkan alat pecah dan dapat menyebabkan kegagalan daripada kebocoran lokal atau lubang kecil. [12]
- d. *Caustic Corrosion*
Merupakan korosi yang terjadi akibat konsentrasi larutan caustic seperti NaOH dan KOH, atau garam korosif dari larutan tersebut yang sering terjadi di penguapan atau perpindahan panas yang tinggi (biasanya disebut *gouging caustic*). Korosi ini mengakibatkan penipisan umum terjadi pada suhu tinggi, tergantung pada konsentrasi larutan alkali atau caustic. [12]

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan “*Evaluasi Remaining Life Treating Vessel-V2 berdasarkan Inspeksi di PT. X*” maka kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa sisa umur operasi pada V2- *Treating Vessel* adalah 50 tahun. Ditinjau dari kondisi operasi maka *damage mechanism* yang mungkin terjadi adalah *Atmospheric Corrosion, Erosion Corrosion, High temperature H₂/H₂S Corrosion, Caustic Corrosion*. Waktu inspeksi bejana tekan supaya pengoperasiannya optimal sebaiknya dilakukan setiap 3 tahun sekali sesuai dengan peraturan Menteri ESDM No. 32 tahun 2021.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Z. J. Jegatheesan, "STRESS ANALYSIS ON PRESSURE VESSEL," *Environment & Ecosystem Science (EES)*, pp. 53-57, 2018.
- [2] B. Siswanto, "ANALISA PENGUJIAN KETAHANAN BEJANA TEKAN DENGAN METODE HIDROSTATIC," *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, pp. 37-44, Mei 2021.
- [3] T. W. H. Abdolreza Toudhdeghhan, "A critical and analysis of pressure vessel structures," *1st International Postgraduate Conference on Mechanical Engineering*, 2018.
- [4] Q. N. A. R. h. Riko Fajariadi, "PERBANDINGAN PERHITUNGAN DESAIN BEJANA TEKAN SUCTION SCRUBBER VERTICAL DENGAN SOFTWARE COMPRESS CODEWARE 2010 VERSUS MANUAL," 2023.
- [5] D. o. M. E. D. D. Y. P. I. o. E. M. a. R. A. P. Assistant Professor, "A Review Paper on Study of Pressure Vessel, Design and Analysis," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2017.

- [6] K. S. NUGROHO, "ANALISIS TINGKAT LAJU KOROSI DAN SISA UMUR HORIZONTAL PRESSURE VESSEL V 1700 PADA PT. X UNTUK MENGETAHUI DAN MENJAGA KEAMANAN OPERASI," 2018.
- [7] M. ALFANANDO, "ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI BACK PRESSURE VESSEL MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI POM PT. KENCANA SAWIT INDONESIA," Januari 2023.
- [8] E. Cahyono, "Perancangan bejana tekan vertikal berisi udara untuk peralatan pneumatik kapasitas 8,25 m³ dengan tekanan kerja 5,7 kg/cm²".
- [9] U. A. Magenda, "Penilaian Kelayakan Production Separator di PT. XYZ Menggunakan Metode Fitness for Service (FFS) Berdasarkan API 579," 2023.
- [10] S. S. Moamar Al Qathafi, "STUDI APLIKASI METODE RISK BASED INSPECTION (RBI) SEMI-KUANTITATIF API 581 PADA PRODUCTION SEPARATOR," *materialstoday proceedings*, juli 2015.
- [11] ASME, ASME Boiler and Pressure Vessel Code Division 1, New York, 2021.

Daftar Simbol

P	=	Pressure, kPa
R _o	=	Outside Radius, mm
S	=	Allowable stress material, kPa
E	=	Joint efficiency
CA	=	Corrosion Allowance, mm
cr	=	Corrosion rate, mm/year
RL	=	Remaining life, year
P _w	=	Maximum allowable working pressure, kPa
P _M	=	Maximum allowable pressure, kPa
S _{DT}	=	Allowable stress pada suhu desain, kPa
S _a	=	Allowable stress pada suhu ambient, kPa
S _{test temp}	=	Allowable stress pada suhu pada saat pengetesan (kamar), kPa
t	=	Tebal minimum yang diizinkan, mm
t _{sn}	=	Tebal shell (baru), mm
t _{sc}	=	Tebal shell terkorosi, mm
R _n	=	Jari-jari bagian dalam (baru), mm
R _c	=	Jari-jari bagian dalam terkorosi, mm
R _o	=	Jari-jari bagian luar, mm
D _n	=	Diameter bagian dalam (baru), mm
D _c	=	Diameter bagian dalam terkorosi, mm
D _o	=	Diameter bagian luar, mm
K	=	Konstanta dalam persamaan elipsoidal