

Penilaian Perpanjangan Sisa Umur Layan (*Residual Life Assessment*) Pressure Vessel Menggunakan Metode *Fitness For Service*

Chandra Edwin Al Khairon*, Djoko Setyanto

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info

Article history:

Received
Juni 20, 2025

Accepted
Agust 25, 2025

Keywords: Pressure Vessel, Remaining Life, Metal Loss, Fitness For Service

Abstract

In the oil and gas industry, the reliability of equipment used in installations must be maintained, including pressure vessels. According to the Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources Number 32 of 2021 concerning Technical Inspection and Safety Inspection of Installations and Equipment in Oil and Gas Business, equipment or installations that are known and/or assumed to have reached the end of their design life must undergo a remaining life extension using a methodology appropriate to the type of equipment or installation. This article explains the calculation of the remaining service life based on metal loss by evaluating the mechanical integrity of the pressure vessel. The calculation is conducted following the guidelines of ASME VIII Div. 1, API 510, and API 579-1 Fitness For Service, while the technical data used in the calculation are obtained from manufacturing data, inspection history, and operational history. The result of the calculation shows that the pressure vessel can have its service life extended, with a remaining service life of 49 years.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diserahkan:
20 Juni 2025

Diterima:
25 Agustus 2025

Kata Kunci: Bejana Tekan, Umur Sisa, Pengurangan Ketebalan, Fitness For Service

Abstrak

Pada industri minyak dan gas bumi, peralatan yang digunakan pada instalasi perlu dijaga keandalannya, termasuk peralatan bejana tekan (*pressure vessel*). Menurut Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2021 Tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Usaha Minyak dan Gas Bumi, peralatan atau instalasi yang diketahui dan/atau diasumsikan telah habis umur desainnya, wajib dilakukan perpanjangan sisa umur layan dengan metodologi yang sesuai dengan jenis peralatan atau instalasi. Pada artikel ini, dijelaskan perhitungan sisa umur layan berdasarkan pengurangan ketebalan (*metal loss*) dengan mengevaluasi *mechanical integrity* dari bejana tekan. Perhitungan dilakukan dengan panduan dari ASME VIII Div. 1, API 510 dan API 579-1 *Fitness For Service*, sedangkan data teknis yang digunakan dalam perhitungan didapatkan dari data manufaktur, riwayat pemeriksaan dan riwayat penggunaan. Hasil dari perhitungan didapatkan bahwa peralatan bejana tekan dinyatakan dapat diperpanjang umur layannya dengan umur sisa selama 49 tahun.

1. PENDAHULUAN

Salah satu peralatan yang terdapat dalam industri minyak dan gas bumi adalah bejana tekan (*pressure vessel*). Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan

*Corresponding author. Chandra Edwin Al Khairon
Email address: edwinchandra14@gmail.com

Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi, peralatan yang diketahui dan diasumsikan sudah habis umur desainnya, harus dilakukan *Residual Life Assessment* (RLA) untuk mengetahui apakah peralatan tersebut masih dapat digunakan atau tidak. Salah satu parameter utama *Residual Life Assessment* adalah metodologi perhitungan umur sisa (*residual life*) (Xu, K., 2024). Artikel ini membahas mengenai metode perhitungan sisa umur layan untuk peralatan bejana tekan berdasarkan evaluasi *mechanical integrity* dari bejana tekan yang mengacu pada API 510 (*Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair and Alteration*) (Energi 2021) dan API 579-1 (*fitness for service*) (Herucakra, 2024).

Dalam ASME BPVC-VIII-1 bejana tekan didefinisikan sebagai wadah yang dirancang untuk menampung fluida (gas atau cair) pada tekanan internal atau eksternal yang lebih besar dari tekanan atmosfer. Tekanan kerja yang dianggap sebagai bejana tekan sendiri adalah melebihi 15 psig dan memiliki dimensi yang lebih besar sama dengan 6 inch. (Mahajan dan Wright 2024)

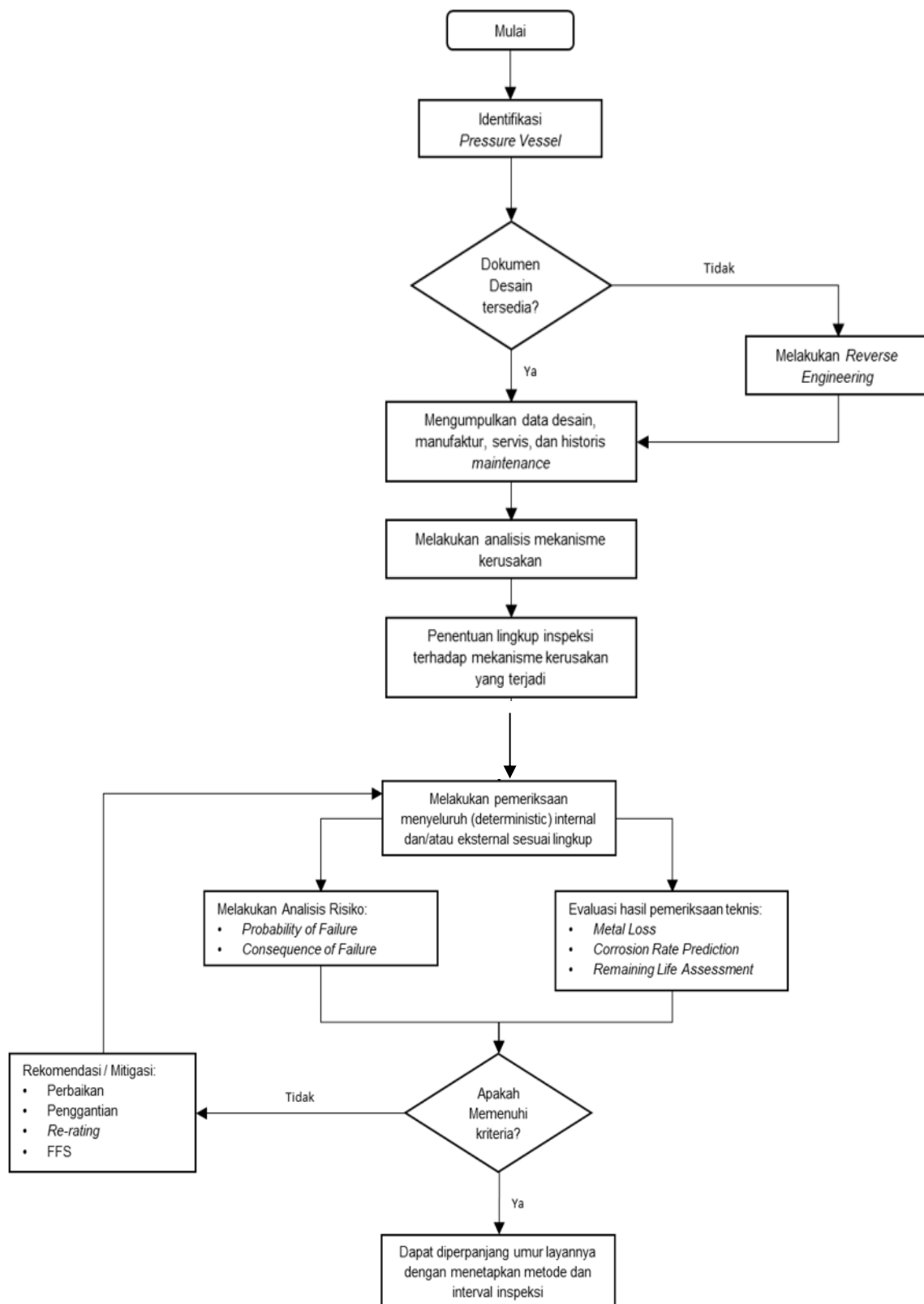
Mengacu pada API 510 bejana tekan (*pressure vessel*) adalah peralatan statis yang digunakan pada industri minyak dan gas bumi. Seiring berjalannya waktu, bejana tekan akan mengalami degradasi/ pengurangan ketebalan diakibatkan korosi, baik internal karena fluida di dalamnya maupun eksternal karena lingkungan. Data statistik pengurangan ketebalan ini bisa digunakan untuk menghitung laju korosi dan penilaian sisa umur layan pada bejana tekan.

Penilaian perpanjangan sisa umur layan pada peralatan bejana tekan dilakukan dengan menggunakan metode API 579-1 *Fitness For Service* dengan mengkaji data teknis dan operasi peralatan tersebut dari dokumen-dokumen yang tersedia. Di antara dokumen yang dibutuhkan untuk melakukan penilaian adalah; dokumen hasil inspeksi terakhir, desain basis, dokumen manufaktur dan riwayat pengoperasian peralatan.

2. METODE PELAKSANAAN

Sesuai Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2021 tentang Mekanisme Perpanjangan Sisa Umur Layan (*Residual Life Assessment*) Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi, penilaian sisa umur layan dapat dilakukan oleh; lembaga *engineering* atau perguruan tinggi dengan akreditasi minimum A. Pada artikel ini, penilaian sisa umur layan dilakukan oleh PT Intesco Global Internusa sebagai lembaga *engineering* tempat penulis bekerja. Peralatan yang dinilai merupakan bejana tekan yang terpasang pada instalasi pengolahan minyak dan gas bumi milik PT EMP Bentu Ltd. yang terletak di Kabupaten Pelalawan, Riau.

Metode penilaian sisa umur layan untuk bejana tekan mengacu pada ASME VIII Div. 1 (*Rules and Construction of Pressure Vessel*) (Mahajan dan Wright 2024), API 510 (*Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair and Alteration*) (Energi, 2021) dan API 579 (*Fitness-For-Service*) (Herucakra, 2024). Penilaian sisa umur layan dimulai dari menghitung ketebalan yang dibutuhkan (*required thickness*) kemudian menghitung laju korosi (*corrosion rate*) dan terakhir menghitung sisa umur layan berdasarkan pengurangan ketebalan. Metodologi yang mengacu pada API 510 dan API 579-1 dapat dilihat dalam diagram alir Gambar 1.



Gambar 1.

Diagram alir *assessment*

(Sumber: API 579-1 – *Fitness-For-Service*) (Herucakra, 2024)

Peralatan yang dinilai merupakan peralatan bejana tekan (*pressure vessel*) dengan data teknis yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Data Teknis Pressure Vessel

<i>General Data</i>	
Lokasi	Kab. Pelalawan, Riau
Nama Peralatan	Gas Liquid Coalescer
Tekanan Desain/ Operasi	509.05 psi/ 150 psi
Temperatur Desain/ Operasi	200 °F/ 100°F
Material	SA 516 Gr. 70
Allowable Stress	20,000 psi
Dimensi	660.00 mm (ID) x 2500 mm (S/S)
Nominal thickness	14.00 mm
Actual thickness Shell	12.15 mm
Joint Efficiency	1.00
Fluida	Gas
Interval Inspeksi	4 tahun
Tahun Inspeksi	2025
Tahun pembuatan	2000

Allowable Stress dapat ditentukan berdasarkan material yang digunakan dan dapat dilihat pada ASME Section II Part D (Mahajan dan Wright 2024). Perhitungan ketebalan yang dibutuhkan (*required thickness*) mengacu pada API 579-1 *fitness for service* (Herucakra, 2024) dapat dihitung dengan persamaan:

$$t_{min} = \frac{PR}{SE-0.6P} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- t_{min} = Ketebalan minimum yang dibutuhkan, inch.
P = Design Pressure, psi.
R = Inside Radius, inch.
S = Allowable Stress, psi.
E = Joint Efficiency

Setelah didapatkan nilai ketebalan yang dibutuhkan (*required thickness*) dengan persamaan diatas, selanjutnya perlu dihitung *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) bejana tekan pada kondisi aktual dengan persamaan:

$$MAWP = \frac{SEt}{R+0.6t} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- t = ketebalan aktual - ($2 \times CR \times Interval\ Inspection$), inch.

Selanjutnya perlu dihitung laju korosi (*corrosion rate*) untuk melihat seberapa cepat suatu material mengalami penipisan atau korosi dengan persamaan:

$$Corrosion\ Rate\ (LT) = \frac{t_{initial}-t_{actual}}{time\ between\ t_{initial}\ and\ t_{actual}\ (years)} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- $t_{initial}$ = Ketebalan awal di titik yang sama pada saat penentuan t_{actual} atau sama dengan pengukuran ketebalan pertama pada area tertentu saat dimulainya laju korosi dari lingkungan, dalam mm.
- t_{actual} = Ketebalan aktual pada titik yang sama diukur selama inspeksi terakhir, dalam mm.
- LT = Tingkat korosi yang dihitung dengan menggunakan ketebalan awal / ketebalan fabrikasi (*Long Term*)

Tahap akhir adalah menghitung sisa umur layan bejana tekan (dalam tahun) berdasarkan persamaan:

$$Remaining\ Life = \frac{t_{actual}-t_{min}}{Corrosion\ Rate} \dots\dots\dots (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil evaluasi dari bejana tekan ini meliputi evaluasi umur sisa berdasarkan ketebalan dinding dan laju korosi, evaluasi ketebalan dinding yang diijinkan, evaluasi penentuan tekanan kerja maksimum yang diijinkan (MAWP), dan rekomendasi terhadap hasil analisis. Dibawah ini merupakan tabel hasil analisis menggunakan metode *fitness for service* (Herucakra, 2024).

Tabel 2.
Required Thickness

<i>Bagian</i>	<i>T_{actual} (mm)</i>	<i>T_{required} (mm)</i>	<i>Hasil</i>
Shell	12.15	8.53	<i>Satisfactory</i>

Tabel 3.
Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)

<i>Bagian</i>	<i>MAWP Calc. (psi)</i>	<i>Design Pressure (psi)</i>	<i>Hasil</i>
Shell	686.27	509.05	<i>Satisfactory</i>

Tabel 4.
Corrosion Rate (CR)

<i>Bagian</i>	<i>CR Long Term (mm/year)</i>
Shell	0.074

Setelah hasil analisis menggunakan metode *fitness for service* didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung umur sisa (*remaining life*). Tabel berikut merupakan rangkuman hasil perhitungan umur sisa.

Tabel 5.
Perhitungan Umur Sisa.

<i>Bagian</i>	<i>T_{actual} (mm)</i>	<i>T_{required} (mm)</i>	<i>CR (mm/yr)</i>	<i>Sisa Umur (year)</i>
Shell	12.15	8.53	0.074	49

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan ketebalan yang diijinkan dan laju korosi, sisa umur layan untuk peralatan bejana tekan (*pressure vessel*) yang dianalisis menunjukkan bahwa peralatan tersebut masih dapat diperpanjang umur layannya. Hasil perhitungan sisa umur layan bejana tekan menunjukkan bahwa bejana tekan masih layak beroperasi selama 49 tahun kedepan.

Dalam penggunaan data ketebalan aktual untuk perhitungan, data yang digunakan merupakan data ketebalan terkecil untuk setiap bagian bejana tekan (*pressure vessel*). Saran untuk analisis selanjutnya, penentuan atau perhitungan *corrosion rate* (laju korosi) dilakukan pada titik yang sama. Pemasangan Thickness Monitoring Location (TML) dapat menjadi solusi. Setiap titik pengambilan thickness diberikan tanda TML, sehingga untuk pengambilan thickness selanjutnya bisa dilakukan pada titik yang sama.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Intesco Global Internusa yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menempuh Program Profesi Insinyur di Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya di tengah tanggung jawab penulis sebagai *Mechanical Engineer*. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua, pasangan, keluarga penulis, rekan sejawat serta semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan praktik keinsinyuran ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Energi, K. (2021). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 32 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi. *Jakarta: Kementerian ESDM RI*.
2. Herucakra, W. (2024). Failure Assessment of an In-service Pressure Vessel with Crack Flaw Using Failure Assessment Diagram. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*.
3. Mahajan, H. P., & Wright, R. (2024). *Complete the Planned FY24 Design Parameters Development at INL to Support the Drafting of the A709 Near-Term Code Case* (No. INL/RPT-24-80602-Rev000). Idaho National Laboratory (INL), Idaho Falls, ID (United States).
4. Standard, A. P. I. (2007). 579-1/ASME FFS-1 fitness for service. *Houston, TX: American Petroleum Institute*.
5. Xu, K. (2024). Development of ASME Section VIII Division 1 Code Case 3078 on Electrochemical Cell Stacks for Electrolysis. In *Pressure Vessels and Piping Conference* (Vol. 88476, p. V001T01A013). American Society of Mechanical Engineers.