

Penilaian Perpanjangan Sisa Umur Layan (*Residual Life Assessment*) Overhead Crane Menggunakan Metode *Fatigue Life*

Raihan Umar Andika*, Marsellinus Bachtiar Wahju

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Jalan Jend. Sudirman. Nomor, 51 Kota Jakarta Selatan, Jakarta 12930, Indonesia

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received 20 December 2024 Accepted 31 December 2024 <i>Keywords:</i> <i>Lifting Equipment,</i> <i>Fatigue, Remaining Life</i>	<i>In the oil and gas industry, the reliability of equipment needs to be maintained. According to Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources Number 32 of 2021, equipment or installations that are known or assumed to have reached the end of their design life must have their service life extended using a methodology that is in accordance with the type of equipment or installation. This article explains the calculation of remaining service life using the fatigue life method. The calculation is carried out with guidance of AISC 360-16, while the technical data was obtained from manufacturer data, inspection history, and usage history. The results showed that the lifting equipment can be declared to have its service life extended with a remaining life 83312 years for infrequent usage, 33312 years for moderate usage, and 16645 years for heavy usage. This large age is due to the equivalent stress which tends to be small compared to the allowable stress, so the theoretical load cycle may be infinite. In this calculation, the number of cycles allowed is limited to 10^8 years.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diterima: 20 December 2024 Disetujui: 31 December 2024 <i>Kata Kunci:</i> <i>Peralatan Angkat,</i> <i>Fatigue, Umur Sisa</i>	Pada industri minyak dan gas bumi, peralatan yang digunakan perlu dijaga keandalannya. Menurut Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2021, peralatan atau instalasi yang diketahui atau diasumsikan telah habis umur desainnya, harus dilakukan perpanjangan sisa umur layan dengan metodologi yang sesuai dengan jenis peralatan atau instalasi. Pada artikel ini, dijelaskan perhitungan sisa umur layan menggunakan metode <i>fatigue life</i>. Perhitungan dilakukan dengan panduan AISC 360-16, sedangkan data teknis yang digunakan diperoleh dari data manufaktur, riwayat pemeriksaan, dan riwayat penggunaan. Hasil menunjukkan bahwa peralatan angkat dinyatakan dapat diperpanjang umur layannya dengan umur sisa 83312 tahun untuk <i>infrequent usage</i>, 33312 tahun untuk <i>moderate usage</i>, dan 16645 tahun untuk <i>heavy usage</i>. Umur yang besar ini disebabkan tegangan ekuivalen yang cenderung kecil dibandingkan tegangan izinnnya, sehingga siklus beban secara teoritis mungkin tak terhingga. Pada perhitungan ini, jumlah siklus yang diizinkan dibatasi sampai 10^8 tahun.

1. PENDAHULUAN

Salah satu peralatan pendukung dalam industri minyak dan gas bumi adalah peralatan angkat (*lifting equipment*). Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi, peralatan

*Corresponding author. Raihan Umar Andika
Email address: raihanumar12@gmail.com

yang diketahui atau diasumsikan sudah habis umur desainnya, harus melakukan *Residual Life Assessment* (RLA) untuk mengetahui apakah peralatan tersebut masih dapat digunakan atau tidak (Kementerian ESDM, 2021). Salah satu parameter utama RLA adalah metodologi perhitungan umur sisa (*residual life*). Artikel ini membahas mengenai metode perhitungan sisa umur layan untuk peralatan angkat menggunakan metode *fatigue life* dari AISC 360-16 (AISC, 2016).

2. METODE PELAKSANAAN

Saat Penilaian perpanjangan sisa umur layan pada peralatan angkat dilakukan 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, dokumen manufaktur, dan riwayat pengoperasian peralatan. Selain itu, diperlukan juga dokumentasi visual peralatan untuk memastikan tidak adanya cacat (*defect*) pada peralatan tersebut saat sedang dilakukan penilaian.

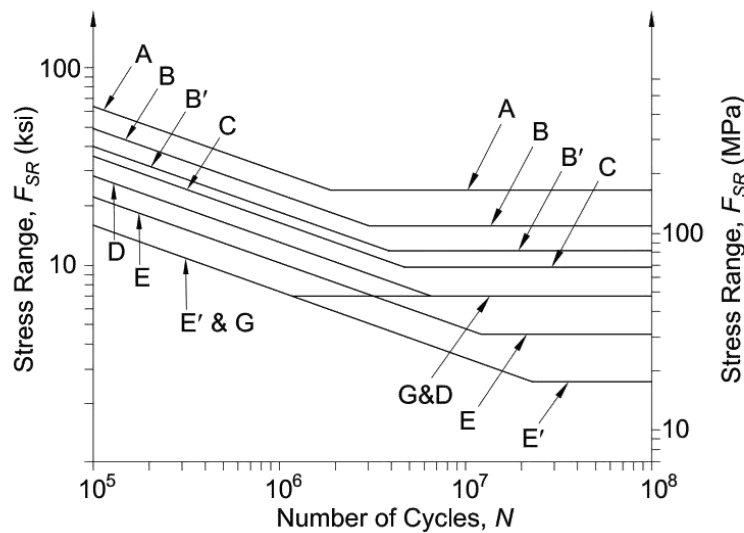
Mengacu pada Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2021, penilaian perpanjangan sisa umur layan dapat dilakukan oleh; lembaga *engineering* atau perguruan tinggi dengan akreditasi minimum A. Pada artikel ini, penilaian dilakukan oleh lembaga/perusahaan *engineering* tempat penulis bekerja, yaitu PT Intesco Global Internusa. Peralatan yang dinilai merupakan peralatan angkat yang terpasang pada instalasi pengolahan minyak dan gas bumi milik PT X yang terletak di Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Peralatan angkat yang dinilai merupakan jenis *Overhead Crane (Single Girder)* dengan data teknis yang dapat disimak pada Tabel 1.

Tabel 1.

Data teknis overhead crane

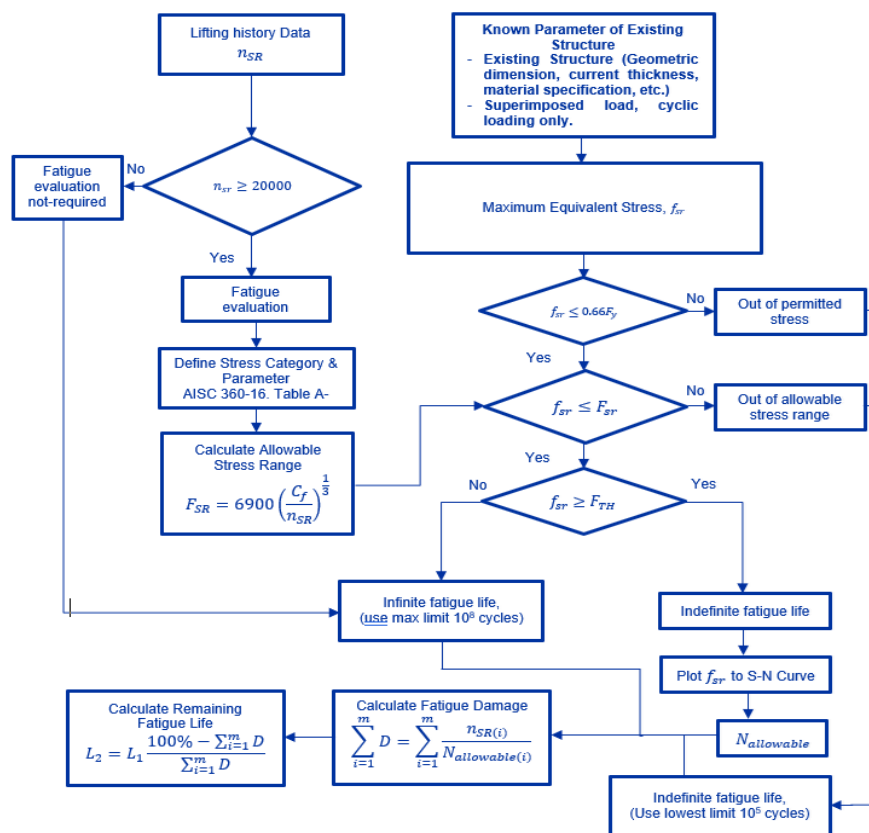
<i>General Data</i>	
Lokasi	Sumatera Selatan
Pabrik Pembuat	KONE
Tipe / Model	<i>Overhead Crane (Single Girder)</i>
Kapasitas Maksimum	10 ton
Panjang Bentang	8800 mm
Digunakan Untuk	<i>Handling Material / Equipment</i>
Part Line	4
Tahun Dibuat	2001

Metode perhitungan sisa umur layan mengikuti panduan prosedur yang dijelaskan dalam AISC 360-16, khususnya pada *Appendix 3* yang membahas soal *fatigue*. Faktor yang menjadi pertimbangan dalam perhitungan adalah *Maximum Equivalent Stress* (f_{sr}), *Allowable Stress Range* (F_{SR}), *Number of Occuring Cycles* (n_{sr}), dan *Allowable Cycles* ($N_{allowable}$). Untuk mendapatkan nilai f_{sr} perlu dilakukan analisis struktur terhadap kondisi beban maksimum. Penulis melakukan analisis tersebut dengan menggunakan bantuan *software* analisis struktur STAAD Pro. Nilai F_{SR} bisa didapatkan dari melihat kurva ketahanan *fatigue* dari AISC 360-16 yang disajikan dalam Gambar 1. Untuk memanfaatkan kurva tersebut, terlebih dahulu perlu ditentukan *Stress Category* yang juga dimuat dalam AISC 360-16. Untuk lebih lengkapnya, metodologi perhitungan dapat dilihat pada diagram alir dalam Gambar 2.



Gambar 1.

S-N Curve atau Kurva ketahanan *fatigue* berdasarkan *Stress Category* (Sumber: AISC/ANSI 360-16, 2016)



Gambar 2.

Prosedur perhitungan umur sisa berdasarkan metode *fatigue* (Sumber: AISC/ANSI 360-16, 2016)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sejak Hasil analisis struktur menggunakan STAAD Pro menunjukkan bahwa tegangan ekuivalen maksimum yang terjadi (f_{sr}) adalah sebesar 63,28 N/mm² atau 9,18 ksi.

Perhitungan n_{sr} dilakukan dengan mengasumsikan *crane* dioperasikan dalam kondisi *normal service* (10 siklus/jam) dengan kategori penggunaan mengacu kepada API RP 2D. Kategori penggunaan dibagi menjadi seperti berikut:

- *Infrequent Usage*: *crane* digunakan 10 jam atau kurang dalam sebulan
- *Moderate Usage*: *crane* digunakan antara 10 hingga 50 jam dalam sebulan (diambil 25 jam per bulan dalam perhitungan)
- *Heavy Usage*: *crane* digunakan lebih dari 50 jam dalam sebulan (diambil 50 jam per bulan dalam perhitungan)

Tabel 2.

Perhitungan *Number of Occuring Cycles* (n_{sr})

Dioperasikan Sejak	2002	
Waktu Dilakukan Analisis	2023	
Jumlah Tahun Beroperasi (L1)	21 Tahun	
<i>Number of occuring cycles (n_{sr})</i>		
<i>Infrequent Usage</i> (1200 siklus/tahun)	<i>Moderate Usage</i> (3000 siklus/tahun)	<i>Heavy Usage</i> (6000 siklus/tahun)
25200 siklus	63000 siklus	126000 siklus

Perhitungan Allowable Cycles ($N_{allowable}$) menggunakan kurva ketahanan fatigue yang ditampilkan pada Gambar 1. Cara pembacaan kurva mengikuti panduan sebagai berikut:

1. Maximum Equivalent Stress (f_{sr}) di bawah 24 ksi atau $0,66 F_y \rightarrow N_{allowable}$ mungkin tak terhingga.
2. Allowable Stress Range (F_{SR}) untuk setiap kategori penggunaan lebih besar dari $f_{sr} \rightarrow N_{allowable}$ mungkin tak terhingga.
3. Threshold Allowable Stress (F_{TH}) lebih besar dari $f_{sr} \rightarrow N_{allowable}$ mungkin tak terhingga.
4. Jika plot dari S-N Curve berada di bawah F_{TH} , $N_{allowable}$ mungkin tak terhingga, oleh karena itu dianggap sebagai 10^8 siklus.

Tabel 3.

Perhitungan *Allowable Cycles* ($N_{allowable}$)

<i>Stress Range</i>	
F_{SR} untuk Infrequent Usage	78,0 ksi
F_{SR} untuk Moderate Usage	58,0 ksi
F_{SR} untuk Heavy Usage	46,0 ksi
Max Combined Stress (f_{sr})	9,18 ksi
<i>Threshold</i>	
Section Category	1
Stress Category	B
Cf	12
Threshold Allowable Stress (F_{TH})	16,0 ksi
<i>Result</i>	
Allowable Cycles ($N_{allowable}$)	10^8 siklus

Setelah nilai n_{sr} dan $N_{allowable}$ telah didapatkan, maka umur sisa (*remaining life*) dapat dihitung. *Fatigue Damage* dalam hal ini didefinisikan sebagai persentase dari *Occuring Cycles* dibagi dengan *Allowable Cycles*. Umur sisa dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$L2 = L1[(100\% - \Sigma D)/\Sigma D] \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 3.

Perhitungan Umur Sisa

Usage Category	Infrequent Usage	Moderate Usage	Heavy Usage
<i>Number of Occuring Cycles</i> (n_{sr})	25200	63000	126000
<i>Allowable Cycles</i> ($N_{allowable}$).	10^8	10^8	10^8
<i>Fatigue Damage</i> $\Sigma D = \Sigma (n_{sr} / N_{allowable})$	0.025%	0.063%	0.126%
Remaining Life $L2 = L1[(100\% - \Sigma D) / \Sigma D]$	83312 Tahun	33312 Tahun	16645 Tahun

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan sisa umur layan untuk peralatan angkat yang dianalisis menunjukkan bahwa peralatan angkat tersebut masih dapat diperpanjang umur layannya. Umur yang didapatkan menunjukkan sisa umur yang terbilang sangat panjang, yakni 83312 tahun untuk *infrequent usage*, 33312 tahun untuk *moderate usage*, dan 16645 tahun untuk *heavy usage*. Hal ini disebabkan karena tegangan yang diterima oleh peralatan angkat terbilang kecil dibandingkan dengan tegangan yang diizinkan, yaitu hanya 9,18 ksi pada kondisi beban maksimumnya. Tegangan yang relatif kecil tersebut membuat siklus yang diizinkan (*allowable cycles*) sangat tinggi, bahkan secara teoritis mungkin tak terhingga.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif dan meningkatkan keyakinan dari hasil analisis, maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai topik ini. Penelitian lebih lanjut tersebut diharapkan dapat memberikan pandangan yang lebih mendalam tentang hubungan antara tegangan yang terjadi dengan siklus yang diizinkan. Penelitian selanjutnya juga dapat memuat perbandingan metode *fatigue damage* dengan standar atau referensi lain.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada PT. Intesco Global Internusa yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk dapat menjalani kuliah Program Profesi Insinyur di Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya di tengah tanggung jawab penulis sebagai staf *engineer* di perusahaan tersebut. Terima kasih yang tidak terkira juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang membantu penulis dalam menjalankan kegiatan praktik keinsinyuran.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. American Institute of Steel Construction (AISC). (2016). *AISC 360: Specification for Structural Steel Building*. USA: AISC.
2. American Petroleum Institute (API). (2016). *API RP 2D: Recommended Practice for Operation and Maintenacen of Offshore Crane*. USA: API.
3. American Society of Mechanical Engineers (ASME). (2022). *ASME B30.2: Overhead and Gantry Cranes*. USA: ASME.
4. Fisher, J. M., & Van De Pas, J. P. (2002). New Fatigue Provision for the Design of Crane Runway Girders. *Engineering Journal*, 39 (2), 65-73.
5. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (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.