

# PREDIKSI UMUR FATIK STRUKTUR CRANE KAPASITAS 10 TON MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Lasinta Ari Nendra Wibawa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Pascasarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup> Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

Email: lasinta.ari@lapan.go.id

## ABSTRAK

*Crane merupakan salah satu alat berat dalam suatu industri. Di kantor LAPAN Garut, Crane digunakan untuk proses perakitan roket. Penelitian ini mengkaji tentang prediksi umur fatik struktur Crane menggunakan metode elemen hingga. Desain struktur Crane menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017, sedangkan analisis elemen hingga menggunakan Ansys Workbench 2019 R1. Struktur Crane dikenakan beban 10 Ton dengan jenis pembebanan fully-reserved. Prediksi umur fatik menggunakan teori tegangan rata-rata Gerber. Material struktur Crane adalah Aluminium paduan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa struktur Crane memiliki umur fatik minimum hingga  $1,971 \times 10^6$  siklus dengan faktor keamanan minimum 1,106.*

**Kata kunci:** aluminium paduan, ansys, metode elemen hingga, prediksi umur fatik, struktur crane

## ABSTRACT

*The Crane is one of the heavy equipment in an industry. In the LAPAN Garut office, Crane is used for the rocket assembly process. The study examines the fatigue life prediction of Crane structures using the finite element method. Crane structure design uses Autodesk Inventor Professional 2017, while finite element analysis uses Ansys Workbench 2019 R1. Crane structure is subjected to a load of 10 tons with a fully-reserved type of loading. Fatigue life prediction using Gerber's mean stress theory. Crane structure material is Aluminum alloy. Simulation results show that the Crane structure has a minimum fatigue life of up to  $1,971 \times 10^6$  cycles with a minimum safety factor of 1,106.*

**Keywords:** aluminum alloy, ansys, finite element method, fatigue life prediction, crane structure

## 1. PENDAHULUAN

Lokasi LAPAN Garut yang berada di tepi Pantai Cilauteureun membuat lingkungan kantor sangat tinggi dengan laju korosi [1]. Komponen yang terbuat dari material logam khususnya besi dan baja adalah material yang paling dominan terkena dampaknya [2]. Hal ini karena besi dan baja merupakan material yang sangat mudah terkorosi meskipun hanya di lingkungan atmosfer [3].

*Crane* merupakan salah satu peralatan yang biasa digunakan dalam suatu industri alat berat [4]. *Crane* digunakan untuk mengangkat beban berat dan memindahkannya dari satu tempat ke tempat yang lain [5]. *Crane* banyak digunakan di berbagai industri seperti transportasi, konstruksi, dan manufaktur [6]. Penggunaan *Crane* di LAPAN Garut antara lain untuk merakit komponen roket.

Konstruksi struktur *Crane* dapat mengalami kegagalan karena berbagai faktor. Deformasi plastis karena beban berlebihan, kurangnya perawatan, korosi, dan fatik adalah beberapa penyebab kegagalan struktur *Crane* [7]. Fatik merupakan penyebab terbanyak kegagalan suatu komponen atau struktur [8].

Penelitian ini bertujuan melakukan investigasi untuk mengetahui umur fatik struktur *Crane* kapasitas 10 Ton menggunakan *Ansys Workbench 2019 R1*. Fatik atau kelelahan merupakan salah

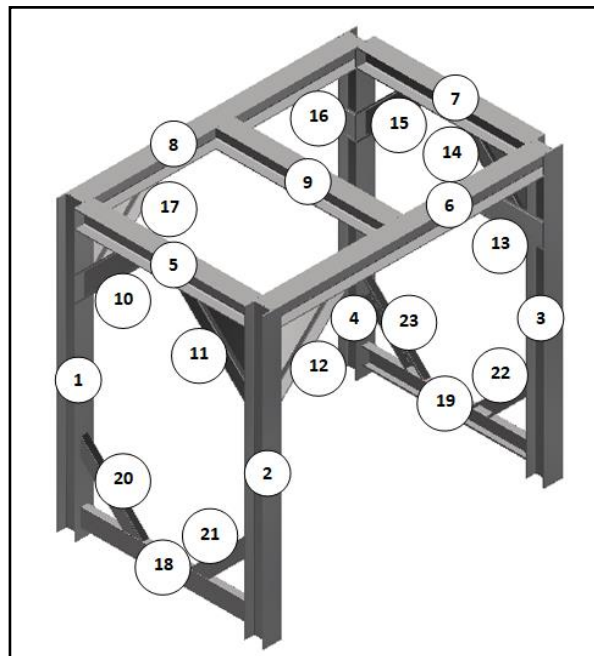
satu jenis kegagalan pada komponen karena beban dinamik yang fluktuatif di bawah kekuatan luluh yang terjadi berulang-ulang dalam waktu yang lama.

Material yang digunakan untuk struktur *Crane* yaitu Aluminium paduan. Aluminium paduan merupakan material yang memiliki massa jenis ringan, kekuatan luluh yang cukup tinggi, dan tahan korosi [9][10][11].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Material

Material yang digunakan untuk struktur *Crane* adalah material Aluminium paduan. Keterangan lengkap mengenai jenis, standar, dan ukuran material secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1. Tabel 2 menunjukkan sifat mekanik dari Aluminium paduan.



**Gambar 1.** Desain 3D struktur *Crane* [7]

**Tabel 1.** Standar dan ukuran rangka dari sruktur *Crane* [7].

Keterangan	Standar Material	Ukuran
Rangka 1	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 2	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 3	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 4	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 5	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 6	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 7	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 8	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 9	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 10	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 11	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 12	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 13	JIS A 5526	200 x 200 x 8

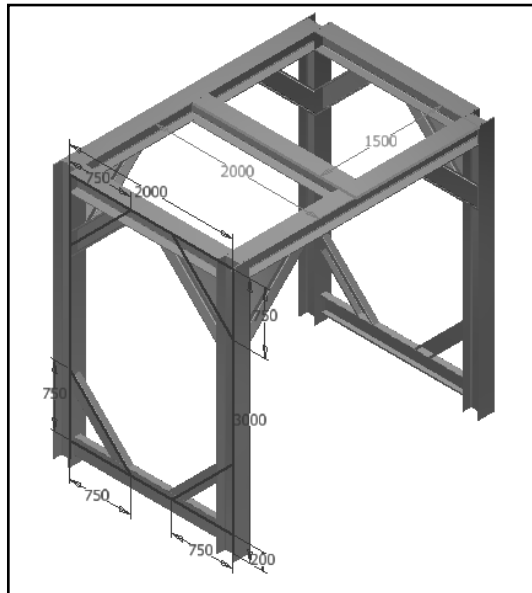
Rangka 14	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 15	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 16	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 17	JIS A 5526	200 x 200 x 8
Rangka 18	JIS 4565	200 x 75 x 25
Rangka 19	JIS 4565	200 x 75 x 25
Rangka 20	JIS 4495	150 x 75 x 25
Rangka 21	JIS 4495	150 x 75 x 25
Rangka 22	JIS 4495	150 x 75 x 25
Rangka 23	JIS 4495	150 x 75 x 25

**Tabel 2.** Sifat fisik material struktur *Crane*.

Parameter	Keterangan
<i>Material</i>	Aluminium paduan
<i>Density</i>	2,77 g/cm <sup>3</sup>
<i>Yield Strength</i>	280 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa

## 2.2. Perangkat lunak (*Software*)

Dimensi struktur *Crane* secara detail ditunjukkan pada Gambar 2. Pembuatan desain struktur *Crane* menggunakan perangkat lunak (*software*) Autodesk Inventor Professional 2017. Autodesk Inventor Professional adalah satu jenis perangkat pemodelan yang cukup banyak digunakan oleh perancang karena kemudahannya dalam proses perancangan gambar [12]. Hal ini cukup praktis dan hemat waktu sebelum membuatnya dalam bentuk prototipe fisik [13]. Salah satu keunggulan utama dari perangkat lunak jenis pemodelan 3D yaitu luas dan volume suatu desain dapat dihitung dengan mudah, meskipun desain yang dibuat sangat kompleks dan rumit [14].



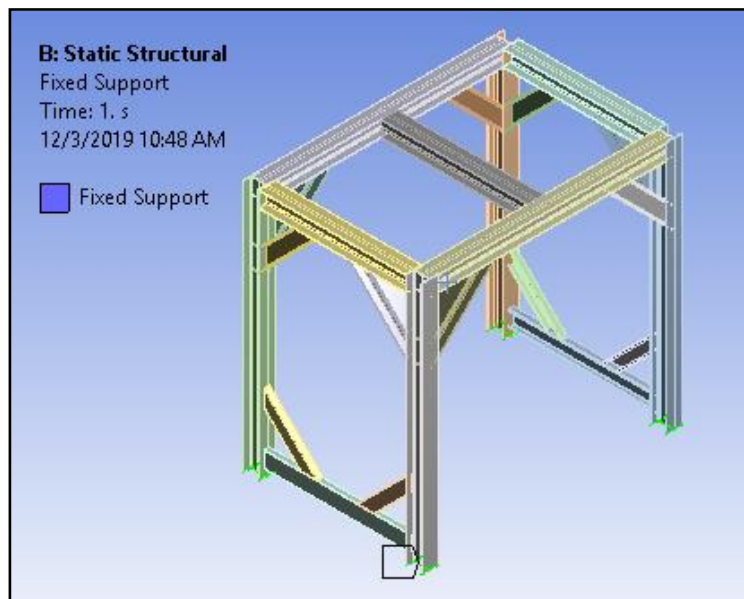
**Gambar 2.** Dimensi struktur *Crane* kapasitas 10 Ton dalam mm [7]

Analisis umur fatik dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak *Ansys Workbench 2019 R1*. Metode elemen hingga adalah teknik matematika numerik untuk menghitung kekuatan struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala (*mesh*) [2][15], suatu elemen yang lebih kecil sehingga kalkulasi dapat diatur dan dijalankan.

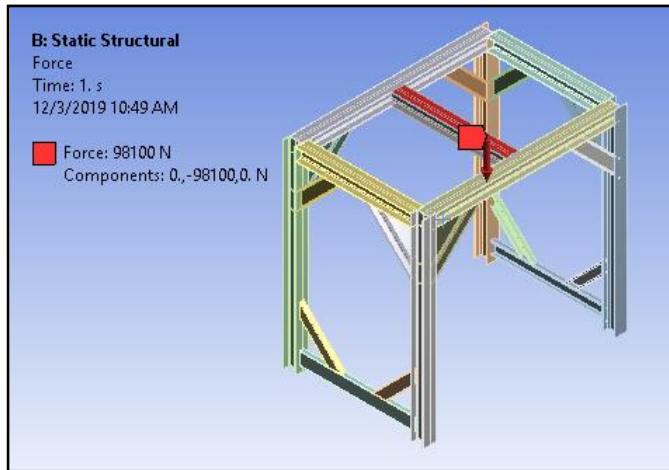
Asumsi dan parameter analisis umur fatik menggunakan *Ansys Workbench 2019 R1* dijabarkan secara lengkap pada Tabel 3. Gambar 3 menunjukkan kondisi batas (*boundary condition*) proses simulasi dengan *fixed support* pada keempat kaki struktur *Crane*. Gambar 4 menunjukkan lokasi pembebanan pada struktur *Crane*. Hubungan antar rangka dianggap kontak berikat (*bonded contact*). Artinya, permukaan antar rangka kaku satu sama lain. Kontak ini dapat berupa sambungan las atau adhesif.

**Tabel 3.** Asumsi dan parameter analisis umur fatik (*fatigue life*)

Parameter	Keterangan
Kapasitas	10 Ton
Percepatan gravitasi	9,81 m/s <sup>2</sup>
Beban	98.100 N
<i>Element size</i>	<i>Default</i>
<i>Number of nodes</i>	55.576
<i>Number of elements</i>	15.332
<i>Safety factor</i>	Berdasarkan <i>yield strength</i>
<i>Loading type</i>	<i>Fully-reserved</i>
<i>Analysis type</i>	<i>Stress life</i>
<i>Mean stress theory</i>	<i>Gerber</i>
<i>Stress component</i>	<i>Equivalent (von-Mises)</i>
<i>Design life</i>	<i>10<sup>6</sup> cycles</i>



**Gambar 3.** Lokasi *fixed support* struktur *Crane*.

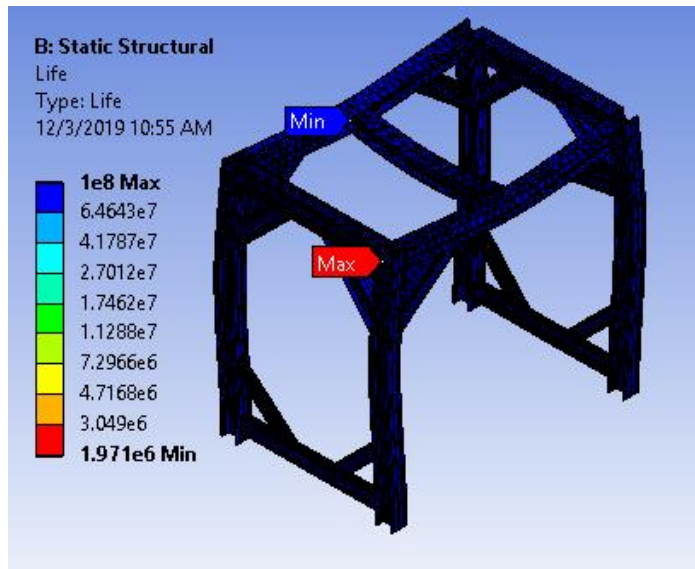


**Gambar 4.** Lokasi pembebanan struktur *Crane*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam ilmu perancangan, kegagalan seharusnya tidak terjadi jika tegangan yang diterima suatu struktur berada jauh di bawah kekuatan material dalam menahan beban. Namun, pada pembebanan dinamik atau siklik, struktur dapat mengalami kegagalan meskipun tegangan von Mises maksimum kurang dari kekuatan luluh material. Kegagalan ini dapat terjadi karena material mengalami kelelahan (*fatigue*). Fatik adalah kegagalan yang terjadi akibat beban yang berulang-ulang dalam waktu yang lama. Mayoritas kegagalan ini terjadi karena fluktuasi akibat adanya tegangan tarik-tekan pada komponen [16]. Fase terjadinya proses fatik yaitu retak awal (*initial crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan patah akhir (*final fracture*). Retak awal dapat terjadi karena adanya cacat pada proses produksi.

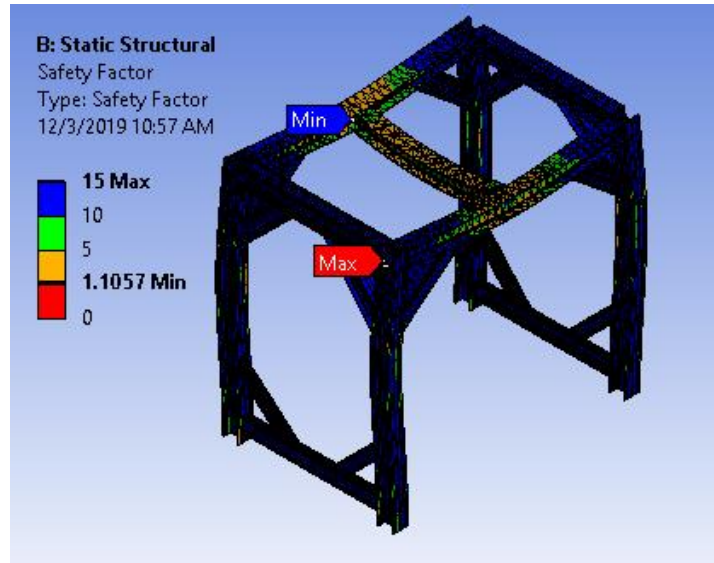
Umur fatik (*fatigue life*) adalah jumlah siklus tegangan dan regangan yang fluktuatif dari sifat tertentu yang material akan pertahankan sebelum terjadi kegagalan [16]. Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi umur fatik struktur *Crane*. Hasil simulasi menunjukkan struktur *Crane* memiliki umur fatik minimum hingga  $1,971 \times 10^6$  siklus.



**Gambar 7.** Prediksi umur fatik struktur *Crane*.

Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan salah satu indikator dari kekuatan material. Faktor keamanan digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi keamanan komponen atau struktur meskipun dimensi yang digunakan minimum [13]. Nilai faktor keamanan umur fatik harus lebih besar dari 1 karena jika kurang dari 1 menunjukkan kegagalan dari sebuah desain [17].

Gambar 8 menunjukkan faktor keamanan minimum prediksi umur fatik yaitu 1,106. Hal ini berarti struktur *Crane* mampu menahan beban 10 Ton hingga  $1,971 \times 10^6$  siklus dengan faktor keamanan minimum yaitu 1,106.



**Gambar 8.** Faktor keamanan minimum umur fatik pada struktur *Crane*.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan struktur *Crane* memiliki umur fatik minimum hingga  $1,971 \times 10^6$  siklus. Hal ini berarti struktur *Crane* mampu menahan beban hingga  $1,971 \times 10^6$  siklus dengan faktor keamanan minimum yaitu 1,106.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibawa, L. A. N. 2018. "Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Tempat Sampah di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga." *Turbul. J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 64–68.
- [2] Wibawa, L. A. N. 2019. "Desain dan Analisis Kekuatan Dudukan (Bracket) AC Outdoor Menggunakan Metode Elemen Hingga." *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 19–24.
- [3] Wibawa, L. A. N. 2013. "Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Pelapisan pada Proses Elektroplating Baja Karbon Rendah dengan Pelapis Seng terhadap Ketebalan dan Laju Deposit." Universitas Sebelas Maret.
- [4] Wibawa, L. A. N. n.d.-a. "Desain dan Simulasi Elemen Hingga Gantry Crane Kapasitas 9 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017."
- [5] Patel, N. R. and N. S. Patel. 2015. "Design and Analysis of 50 Tonne Crane Hook for Optimization," vol. 3, no. 08, pp. 581–584.

- [6] Khan, E. R., V. S. Kardile, P. D. Dhakane, A. P. Gore, and B. D. Mahajan. 2017. "Design And Analysis of Crane Hook with Different Materials," *Int. J. Innov. Emerg. Res. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 227–233.
- [7] Wibawa, L. A. N. n.d.-b. "Desain dan Analisis Tegangan Struktur Crane Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga."
- [8] Wibawa, L. A. N. n.d.-c. "Prediksi Umur Fatik Alat Pengangkat Roket Kapasitas 20 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga."
- [9] Wibawa, L. A. N. 2019. "Desain dan Analisis Tegangan Crane Hook Model Circular Section Kapasitas 5 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 27–32.
- [10] Wibawa, L. A. N. 2019. "Pengaruh Susunan dan Jumlah Lubang Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV," *Flywheel J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 5, no. 1, pp. 46–50.
- [11] Wibawa, L. A. N. 2019. "Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 26–32.
- [12] Wibawa, L. A. N. 2018. *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta.
- [13] Wibawa, L. A. N. 2018. *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta.
- [14] Wibawa, L. A. N. 2019. "Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Lemari Perkakas di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 45–50.
- [15] Wibawa, L. A. N. 2019. "Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (Workbench) Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga," *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 3, no. 1, pp. 13–17.
- [16] Wibawa, L. A. N. n.d.-d. "Simulasi Umur Fatik Rangka Main Landing Gear Menggunakan Metode Elemen Hingga."
- [17] Wibawa, L. A. N. and K. Diharjo. 2019. "Desain, Pemilihan Material, dan Faktor Keamanan Stasiun Pengisian Gawai Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 97–102.