

PERANCANGAN OVERHEAD CRANE SWL 7 TON DI WORKSHOP 2 PADA PERUSAHAAN MANUFAKTUR

Marzuki Arwan¹, Pranowo Sidi^{2*}, Imaniah Sriwijayasih¹

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

²Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik
 Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

*Email: pranowo@ppns.ac.id

Abstrak

Dalam industri manufaktur modern, efisiensi material *handling* menjadi kunci peningkatan produktivitas, di mana *overhead crane* memegang peran vital dalam memindahkan material berat. *Workshop 2* saat ini dibatasi oleh kapasitas *overhead crane* SWL 5 ton yang kerap beroperasi mendekati beban maksimum, dengan kebutuhan pengangkatan mencapai 6,6 ton. Kondisi ini menuntut penggunaan dua *crane* secara bersamaan atau *forklift*, yang kurang efisien dan meningkatkan risiko kecelakaan. Selain itu, tidak tersedianya *overhead crane* 7 ton sebagai produk standar di pasaran serta tingginya biaya pemesanan khusus menjadi kendala operasional. Penelitian ini merancang *overhead crane* SWL 7 ton melalui metode perancangan sistematis menurut George E. Dieter, meliputi identifikasi kebutuhan, penyusunan spesifikasi teknis, perancangan konsep produk, pemilihan konsep, dokumen pembuatan produk. Konsep desain 1 dipilih sebagai alternatif terbaik dengan skor tertinggi 8,25 karena kekuatan struktural optimal, distribusi beban merata, bobot ringan, dan kemudahan manufaktur. Analisis kekuatan struktur menggunakan *Finite Element Method* pada *Fusion 360* menunjukkan bahwa *girder* memiliki tegangan maksimum 49,488 MPa, *safety factor* 5,08, dan defleksi maksimum 3,141 mm, sedangkan *end carriage* mencapai tegangan maksimum 43,33 MPa, *safety factor* 5,6, dan defleksi maksimum 0,467 mm. Seluruh parameter berada dalam batas aman sesuai PerMen No. 5 tahun 1985 dan PerMen No. 8 tahun 2020. Estimasi total biaya mencakup bahan baku dan komponen Rp153.368.082, serta fabrikasi Rp33.678.200, sehingga total mencapai Rp187.046.282. Desain ini memberikan solusi aman, efektif, dan ekonomis untuk peningkatan sistem material *handling* di *Workshop 2*.

Kata kunci: desain struktural, FEM, metode dieter, *overhead crane*, SWL

Abstract

In modern manufacturing industries, efficient material handling is crucial for enhancing productivity, with overhead cranes playing a vital role in transporting heavy loads. Workshop 2 faces limitations due to the existing 5 ton SWL overhead crane, which frequently operates at its maximum capacity, with an average lifting load of 4.5 tons and requirements reaching up to 6.6 tons. Currently, this is inefficiently managed using two cranes simultaneously. Moreover, a 7 ton overhead crane is not available as a standard product on the market and requires costly custom orders. This study aims to design a 7 ton SWL overhead crane that meets operational demands through a systematic design approach based on the methodology of George E. Dieter, including need identification, concept selection using a weighted decision matrix, CAD-based design, and technical analysis. Design Concept 1 was selected as the optimal design with the highest score of 8.25 due to its superior structural strength, even load distribution, lightweight construction, and ease of manufacturing. Structural analysis through Finite Element Method (FEM) simulation using Fusion 360 shows that the design meets safety standards, with a maximum stress of 49.488 MPa and a safety factor of 5.08 on the girder. The total estimated production cost is IDR 186,086,282.

Keywords: dieter method, FEM, overhead crane, structural design, SWL

PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur modern, efisiensi material *handling* menjadi faktor krusial dalam mendukung produktivitas, di mana *overhead crane* berperan penting sebagai alat bantu pemindahan dan penataan material berat di *workshop*. Di *Workshop 2*, penggunaan *overhead crane* dengan kapasitas *Safe Working Load* (SWL) 5 ton menunjukkan keterbatasan dalam menghadapi target produktivitas 100-200 ton per bulan, dengan beban rata-rata 4,5 ton per operasi dan frekuensi pemakaian 20-30 kali per hari. Bahkan, beberapa proyek memerlukan pengangkatan hingga 6,6 ton, yang memaksa penggunaan dua *crane* 5 ton secara bersamaan, sehingga meningkatkan risiko keselamatan dan menurunkan efisiensi.

Peningkatan kapasitas *crane* menjadi 7 ton menjadi solusi strategis agar proses produksi lebih fleksibel dan tidak terganggu. Namun, *overhead crane* 7 ton sulit ditemukan sebagai produk standar, sehingga perusahaan memilih merancang dan memproduksi sendiri karena memiliki kapabilitas manufaktur dan instalasi, sekaligus dapat menekan biaya dan mendukung prinsip *continuous improvement*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang *overhead crane* kapasitas 7 ton untuk *Workshop 2* melalui analisis teknis, estimasi biaya, dan kekuatan struktur *crane*, guna memberikan solusi optimal terhadap kebutuhan produksi yang terus meningkat.

TINJAUAN PUSTAKA

(A) Metode Dieter

Perancangan teknik adalah proses sistematis untuk merumuskan solusi berdasarkan kebutuhan pengguna. Menurut Dieter & Schmidt (2013), proses ini melibatkan pengambilan keputusan dalam menentukan arah dan bentuk solusi teknis. Tahapan awal dimulai dengan identifikasi kebutuhan pengguna, yang menjadi dasar seluruh proses perancangan (Dieter & Schmidt, 2013). Tahap berikutnya adalah mengembangkan konsep produk. Dalam fase ini, berbagai ide desain dieksplorasi untuk memenuhi fungsi utama produk. Metode yang digunakan mencakup diagram blok fungsi dan matriks morfologi. Keputusan desain diambil dengan mengevaluasi berbagai alternatif menggunakan metode matriks keputusan. Proses ini memastikan bahwa solusi yang dipilih benar-benar optimal secara teknis dan ekonomis (Dieter & Schmidt, 2013).

(B) Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga *Finite Element Method* (FEM) adalah pendekatan numerik yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan di bidang teknik dan fisika matematis (Suwardi, 2018). Prinsip dasarnya adalah membagi struktur menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung melalui titik-titik nodal, dengan memperhatikan gaya pada nodal untuk memperoleh deformasi yang akurat (Pranata, 2024). Dalam proses FEM, salah satu tahapan penting adalah *meshing*, yaitu membagi objek menjadi elemen-elemen kecil. Ukuran *mesh* perlu diuji melalui proses konvergensi untuk mencari ukuran *mesh* paling efisien dengan tetap mempertahankan akurasi hasil (Putra & Misbah, 2022). Uji konvergensi dianggap berhasil jika perbedaan hasil akibat perubahan *mesh* kurang dari 2%.

METODE

Pada Gambar 1 ini menunjukkan langkah-langkah sistematis penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

(A) Spesifikasi *Overhead Crane*

Dari hasil studi lapangan lapangan maka diperoleh data-data sebagai berikut:

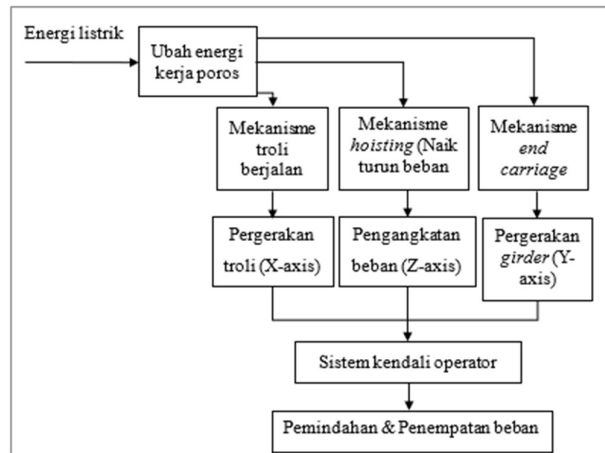
- (1) Tinggi pengangkatan: 8.5 meter
- (2) Kapasitas beban: 7 ton
- (3) Waktu pengangkatan: 1,6 menit
- (4) Kecepatan angkat *hoist*: 5 m/ menit
- (5) Waktu jalan melintang: 1,31 menit sejauh 15 meter
- (6) Kecepatan melintang: 20 m/menit.
- (7) Waktu jalan memanjang: 2 menit sejauh 60 meter
- (8) Kecepatan memanjang: 30 m/menit
- (9) Jenis *girder* yang dipakai *single girder* dengan panjang bentangan *girder* 15 meter

(B) Perancangan Konsep Desain

Pengembangan konsep desain mengacu pada kebutuhan dan kriteria teknis yang telah ditetapkan. Kreativitas menjadi faktor penting dalam merancang solusi teknis yang tepat. Dieter & Schmidt (2013) menyebutkan bahwa proses berpikir kreatif dalam desain melibatkan enam langkah, mulai dari membangun karakter kreatif hingga menetapkan batasan masalah secara jelas. Dengan pendekatan ini, perancang dapat menghasilkan berbagai alternatif konsep yang inovatif dan aplikatif, serta mampu menjawab tantangan fungsional secara menyeluruh.

(C) Penguraian Fungsi

Dari data yang sudah diperoleh maka perancangan dapat diformulasikan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Struktur Fungsi *Overhead Crane*

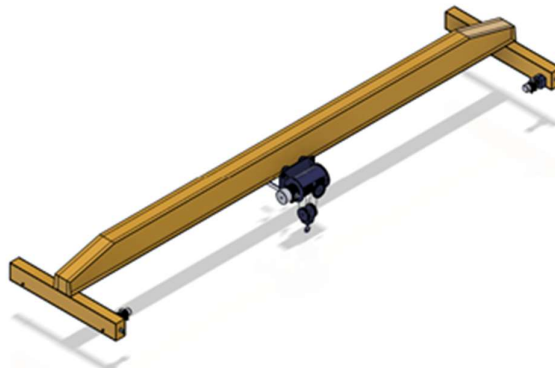
Matriks morfologi dari *overhead crane* dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Matriks Morfologi

No	Alternatif Sub-Fungsi	1	2	3
1	Ubah energi listrik ke mekanik	Motor induksi 3 fasa	Motor DC	Motor sinkron
2	Mekanisme <i>hoisting</i> (naik-turun beban)	Puli + drum + tali baja	Rantai dan sproket	<i>Screw hoist</i> + motor <i>servo</i>
3	Mekanisme <i>traversing</i> troli (X-axis)	Roda dengan roda gigi	Rail + roda + motor	Rail + rantai dan sproket
4	Mekanisme <i>crane traveling</i> (Y-axis)	<i>Underhung End carriage</i>	<i>Top Running End carriage</i>	<i>Side Girder End carriage</i>
5	Sistem kontrol	<i>Push button panel</i>	<i>Remote control</i>	<i>Wireless HMI</i> + PLC

(D) Pengembangan Konsep Desain

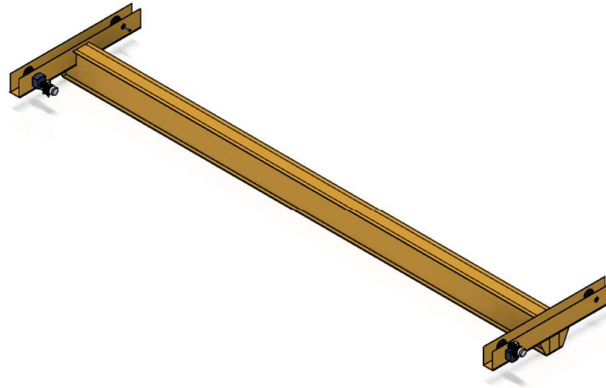
(1) Konsep Desain 1



Gambar 3. Konsep Desain 1

Pada Gambar 3 konsep desain 1 di atas menggunakan motor induksi 3 fasa sebagai sumber daya utama yang menggerakkan sistem puli dan katrol untuk proses *lifting*. Troli dirancang bergerak melintang di sepanjang *girder*, sedangkan pergerakan memanjang dilakukan melalui *end carriage*. *Girder* diletakkan di atas *end carriage (top running)* dan dibuat dalam bentuk *box girder* dari plat baja terpisah, dengan *flens* atas yang dimiringkan pada kedua sisi untuk mengoptimalkan distribusi beban sekaligus mengurangi berat struktur.

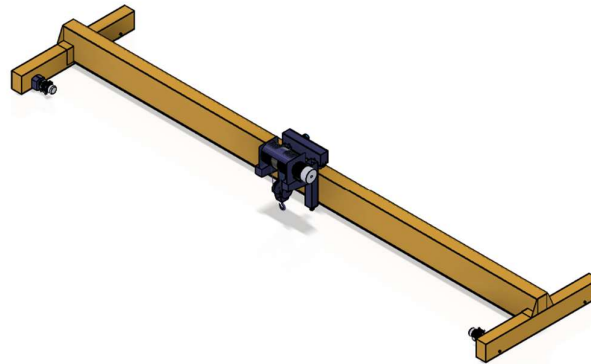
(2) Konsep Desain 2



Gambar 4. Konsep Desain 2

Pada Gambar 4 konsep desain 2 di atas menggunakan motor DC sebagai sumber daya utama, yang menggerakkan sistem puli dan katrol untuk *lifting* secara efisien. Troli bergerak melintang di sepanjang *girder*, sementara pergerakan pada sumbu y (memanjang) dilakukan melalui *end carriage*. *Girder* diposisikan di bawah *end carriage (underhung)* dan dibuat dalam bentuk *box girder* hasil fabrikasi dari beberapa plat baja.

(3) Konsep Desain 3



Gambar 5. Konsep Desain 3

Pada Gambar 5 konsep desain 3 di atas menggunakan motor induksi 3 fasa sebagai sumber daya utama, yang menggerakkan sistem puli dan katrol untuk proses *lifting*. Mekanisme *hoisting* dilengkapi dengan roda dan rel pada *flens* atas *girder*, menggunakan sistem *Offset Trolley* untuk mempermudah gerakan troli secara melintang.

(E) Pemilihan Konsep Desain

Hasil dari proses evaluasi konsep menggunakan metode matriks keputusan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

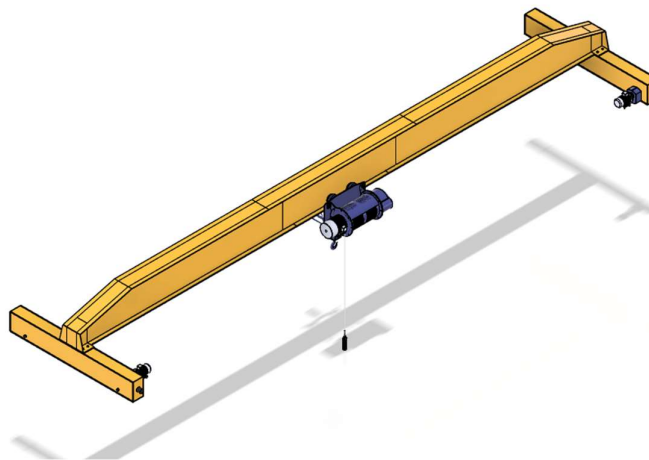
Tabel 2. Matriks Keputusan Konsep Desain

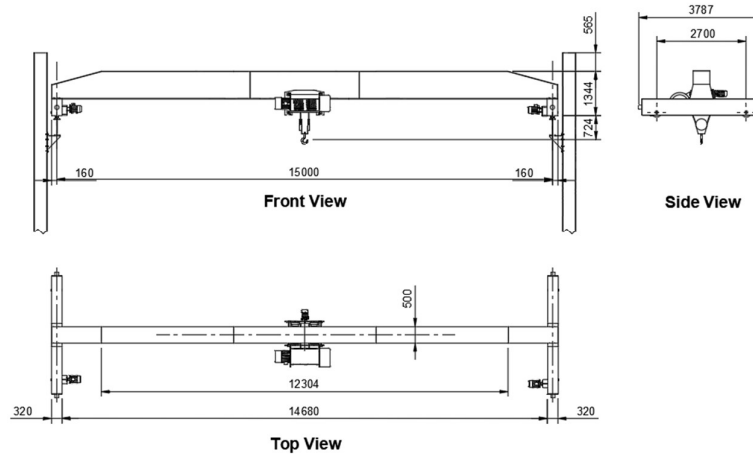
No	Kriteria	Bobot (B)	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			(A)	BA	(A)	BA	(A)	BA
1	Kekuatan Struktur	0.45	9	4.05	7	3.15	6	2.70
2	Berat	0.30	9	2.70	8	2.40	6	1.80
3	Manufaktur & Perakitan	0.25	6	1.50	5	1.25	8	2.00
Total Skor		1.00	8.25		7.30		6.50	

(F) Perwujudan Desain

Perwujudan desain (*embodiment design*), yaitu tahap penerjemahan konsep fungsi menjadi bentuk fisik. Pada rancangan ini, komponen utama yang dirumuskan meliputi *girder* dan *end carriage*. *Girder* berfungsi sebagai struktur utama penahan beban dari *hoist* dan kapasitas, menggunakan penampang *box* sepanjang 15.320 mm dengan ukuran 844 mm × 300 mm, terbuat dari baja ASTM A36. *Flens* atas setebal 12 mm dimiringkan untuk efisiensi material, *flens* bawah setebal 22 mm menahan beban tarik dari proses *lifting*, sedangkan *web* kanan-kiri setebal 12 mm. Pada kedua ujung *girder* ditambahkan *bracket* plat 12 mm serta *mounting plate* 312 mm × 700 mm tebal 22 mm yang dilubangi untuk sambungan baut ke *end carriage*. Sementara itu, *end carriage* berfungsi sebagai tumpuan *girder* sekaligus sistem gerak memanjang dengan kecepatan 30 m/menit untuk lintasan 18 m. Konstruksi *end carriage* menggunakan profil persegi 500 mm × 290 mm, panjang total 3.787 mm, dengan jarak antar roda 2.700 mm serta dilengkapi roda baja, *gearbox*, motor elektrik, rem, dan *limit switch*.

Struktur keseluruhan *overhead crane* diwujudkan melalui susunan komponen utama berupa *girder* tunggal, dua *end carriage* di kedua ujung, serta *hoist* di bagian tengah *girder*. Tampilan isometrik dan proyeksi Eropa menggambarkan konfigurasi ini secara menyeluruh sebagai acuan fabrikasi dan pemasangan yang ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.

**Gambar 6.** Bentuk 3D Desain *Overhead Crane*



Gambar 7. Proyeksi Eropa *Overhead Crane*

Pada tahap perhitungan elemen mesin berupa motor penggerak, tali baja (*wire rope*), *pulley*, dan *drum*, perancangan difokuskan pada komponen *hoist* untuk menyesuaikan kebutuhan. Data teknis yang digunakan meliputi tinggi pengangkatan 8,5 meter, kapasitas beban 7 ton, waktu pengangkatan 1,6 menit dengan kecepatan 5 m/menit, waktu jalan melintang 1,31 menit sejauh 19 meter dengan kecepatan 20 m/menit, serta waktu jalan memanjang 0,48 menit sejauh 18 meter dengan kecepatan 30 m/menit. Perhitungan dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu, sehingga sistem mampu beroperasi secara aman, efisien, dan sesuai standar perancangan.

(G) Analisis Kekuatan

(1) Momen Lentur

Menghitung beban total akibat berat dari kapasitas dan *hoist* menggunakan Persamaan 1 berikut.

$$P = W_1 + W_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$P = 7000kg + 1003kg = 8003 (kg)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui beban merata akibat berat dari konstruksi *girder*.

$$q = \frac{W}{L} \left(\frac{kg}{mm} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$q = \frac{3973kg}{15000mm} = 0,26 (kg/mm)$$

Kemudian dilanjutkan untuk perhitungan momen maksimal, sebagai berikut:

$$M_{maks} = \frac{P.L}{4} + \frac{q.L^2}{8} (kg.mm) \dots \dots \dots (3)$$

$$M_{maks} = \frac{8.003kg \cdot 15.000mm}{4} + \frac{0,26kg/mm \cdot (15.000mm)^2}{8}$$

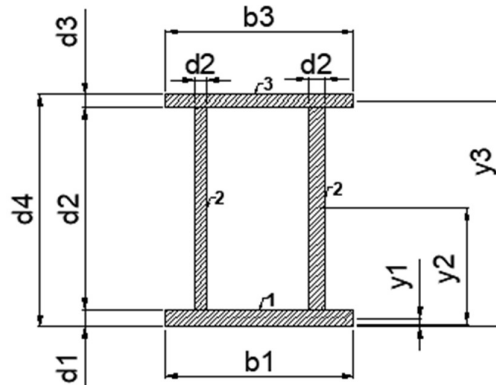
$$M_{maks} = 37.323.750 kg.mm \times 9,81 m/s^2 = 366.145.987,5 (N.mm)$$

Modulus Penampang Minimum

$$Z_{min} = \frac{M_{maks}}{\frac{\sigma_y}{Sf}} \dots \dots \dots (4)$$

$$Z_{min} = \frac{366.145.987,5 N.mm}{\frac{250N/mm^2}{4}} = 5.858.335,8 mm^3$$

(2) Momen Inersia

**Gambar 8.** Notasi Profil *Custom* Persegi**Tabel 3.** Dimensi Profil Main Girder

Bagian	Ukuran (mm)	Bagian	Ukuran (mm)
b1	500	d1	22
b2	12	d2	810
b3	500	d3	12
d4	844	y1	11
y2	427	y3	838

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari nilai akumulasi dari nilai ini dinotasikan AY. Nilai dari A dan AY tersebut dapat dilihat dalam bentuk Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Nilai dari A dan AY

Mark of Areas	Area/a (mm ²)	y (mm)	a × y (mm ³)
1	11000	11	121000
2	19440	427	8300880
3	6000	838	5028000
Total	A=36440mm²	-	AY=13449880mm³

Dilanjutkan menghitung jarak (C) dari *shell* sampai ke sumbu netral diperoleh dengan Persamaan 5 sebagai berikut.

$$C = \frac{AY}{A} \dots \dots \dots (5)$$

$$C = \frac{13449880 \text{ mm}^3}{36440 \text{ mm}^2} = 369,0965971 \text{ mm}$$

Rincian hasil perhitungan momen inersia dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Perhitungan Momen Inersia

h (mm)	h ² (mm ²)	a × h ² (mm ⁴)	$\frac{b \cdot d^3}{12}$ (mm ⁴)
358,097	128233,173	1410564901,763	443666,667
57,903	3352,804	65178510,967	1062882000
468,903	219870,401	1319222407,248	72000

$$AH^2 = 2794965819,978mm^4 \quad I_g = 1063397666,667mm^4$$

Menghitung akumulasi total momen inersia dengan Persamaan 6 sebagai berikut.

$$I = AH^2 + I_g \dots \dots \dots (6)$$

$$I = 2.794.965.819,978mm^4 + 1.063.397.666,667mm^4 = 3.858.363.486,645mm^4$$

Selanjutnya menghitung modulus penampang profil dengan Persamaan 7 berikut.

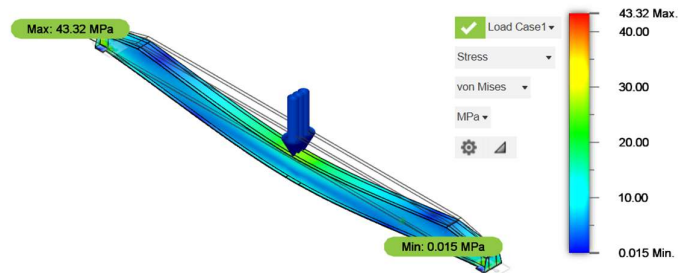
$$Z = \frac{I}{y} \dots \dots \dots (7)$$

$$Z = \frac{3.858.363.486,645mm^4}{369,097mm} = 10.453.533,08 mm^3$$

Bentuk matematis hubungan dari Z_{min} dengan Z dinyatakan sebagai berikut.

$$5.858.335,8 mm^3 < 10.453.533,08 mm^3.$$

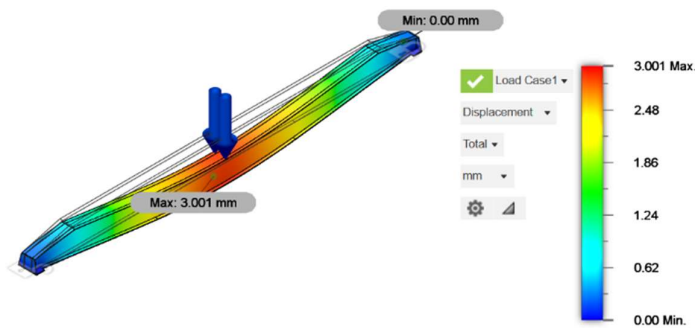
(H) Analisis Girder



Gambar 9. Analisis Stress Pada Girder



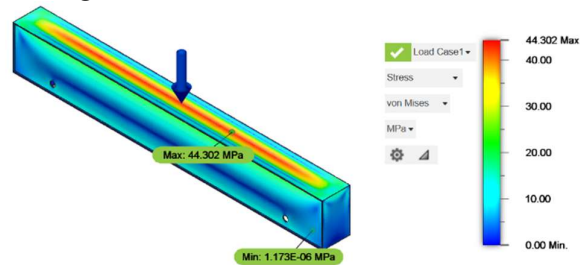
Gambar 10. Analisis Safety Factor Pada Girder



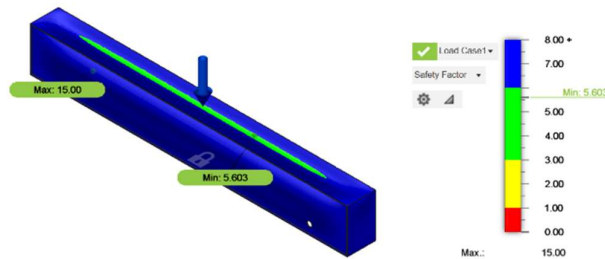
Gambar 11. Analisis Defleksi Pada Girder

Berdasarkan analisis menggunakan *software* Fusion 360, diperoleh hasil bahwa nilai tegangan maksimum (*stress*) yang terjadi sebesar 49,488 MPa, dengan nilai *safety factor* sebesar 5,016 dan defleksi maksimum sebesar 3 mm.

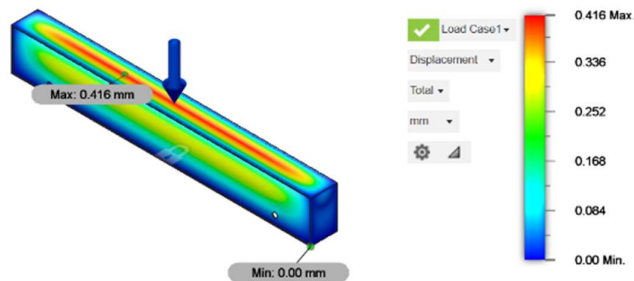
(I) Analisis End Carriage



Gambar 12. Analisis *Stress* Pada *End Carriage*



Gambar 13. Analisis *Safety Factor* Pada *End Carriage*



Gambar 14. Analisis *Displacement* Pada *End carriage*

Berdasarkan analisis menggunakan *software* Fusion 360, diperoleh hasil bahwa nilai tegangan maksimum (*stress*) yang terjadi pada *end carriage* sebesar 44,302 MPa, dengan nilai *safety factor* aktual sebesar 5,6 dan defleksi maksimum sebesar 0,416 mm.

(J) Analisis Rancangan Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya total adalah jumlah rencana keseluruhan biaya yang dikeluarkan dalam proses pembuatan *design product overhead crane*, yang diakumulasi dari biaya pembelian bahan baku, pembelian komponen penunjang dan biaya fabrikasi.

Biaya Total = Biaya Bahan Baku dan Komponen + Biaya Fabrikasi

Biaya Total = Rp153.368.082 + Rp33.678.200

Biaya Total = Rp187.046.282

KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi menggunakan metode *weighted decision matrix*, konsep desain 1 dipilih dengan skor tertinggi sebesar 8,25. Pemilihan ini didasarkan pada kombinasi keunggulan berupa kekuatan struktural, bobot keseluruhan yang paling ringan, serta kemudahan proses manufaktur. Analisis kekuatan struktur menggunakan *software* Fusion 360 didapatkan hasil untuk struktur *girder*, tegangan maksimum sebesar 49,488 MPa dengan *safety factor* 5,08 dan defleksi maksimum 3,141 mm. Sedangkan pada komponen *end carriage* diperoleh tegangan maksimum 43,33 MPa dengan *safety factor* 5,6 dan defleksi maksimum 0,467 mm. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa komponen utama berada dalam batas aman sesuai ketentuan PerMen No. 5 tahun 1985 dan PerMen No. 8 tahun 2020.

Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan perhitungan bahan baku, komponen, serta biaya fabrikasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total biaya bahan baku dan pembelian komponen untuk *overhead crane* SWL 7 ton adalah Rp153.368.082, dengan biaya fabrikasi sebesar Rp33.678.200. Dengan demikian, total biaya keseluruhan yang dibutuhkan untuk pembuatan produk ini mencapai Rp187.046.282.

REFERENSI

- Husna, V. A. M., Utari, D. A., & Rachmat, A. N. (2023). Analisis Kegagalan Komponen *Overhead Crane* dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Design and Manufacture Engineering and Its Application*.
- Dieter, G. E., & Schmidt, L. C. (2013). *Engineering Design*, 5rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Suwardi, M. A. (2018). Optimasi Topologi pada *Overhead Crane* Box Girder Kapasitas 5tx23m Dengan Menggunakan *Software* Elemen Hingga. (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Pranata, Y. A. (2024). METODE ELEMEN HINGGA (E. Risanto, Ed.; 1st ed.). Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Putra, J. A., & Misbah, M. N. (2022). Studi Pengaruh Ukuran Bracket Pondasi Mesin terhadap Tegangan dengan Menggunakan Finite Elemen Method. *Jurnal Teknik ITS*. 11(1), G1-G6.