

PERANCANGAN *SLEWING ENGINE CRANE* KAPASITAS 1 TON SEBAGAI SARANA PENUNJANG BENGKEL MOBIL

Dhika Aditya Purnomo¹⁾, Bayu W. Karuniawan²⁾, Salma Eka Erinda³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Permesianan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
E-mail: salmaeka@student.ppns.ac.id

Abstract

Cahaya Abadi Motor Workshop is experiencing problems because they do not have an engine crane that meets their specific needs. Currently, the workshop is forced to rely on manual methods using chains and pulleys when moving machines to be repaired. One of the problems faced is the crane arm that cannot rotate. In this research, a tool design is carried out to help the car workshop. Engine crane with strength, capacity, and dimensions tailored to the conditions of the workshop using Ulrich method. The analysis process will use the FEM (Finite Element Method) approach using FEM-based software. The validity of the simulation results is carried out on the values of the safety factors, von mises stress, and deflection. Analysis of the strength of the overall structure in design concept 1, the actual minimum safety factor value is greater than minimum safety factor requirement ($2,178 > 2$), and maximum von mises stress is smaller than allowable stress ($284,858 \text{ Mpa} < 310,211 \text{ Mpa}$).

Keywords: *Autodesk Fusion 360, Engine Crane, Finite Element Method, Ulrich Method, Strength Analysis*

PENDAHULUAN

Bengkel Cahaya Abadi Motor mengalami kendala yang signifikan karena tidak memiliki *engine crane* yang memenuhi kebutuhan spesifik mereka. Saat ini, bengkel ini terpaksa mengandalkan metode manual menggunakan rantai dan katrol saat memindahkan mesin yang akan direparasi. Meskipun solusi ini dapat memungkinkan pemindahan beban yang berat, kekurangan *engine crane* yang ada di pasaran menjadi hambatan utama. Salah satu masalah yang dihadapi adalah lengan *crane* yang tidak dapat berputar, yang menghambat fleksibilitas dalam mengatur posisi mesin dengan tepat. Untuk meningkatkan produktivitas dan keamanan di bengkel, mungkin perlu dipertimbangkan untuk menginvestasikan dalam *engine crane* yang dapat memenuhi persyaratan khusus bengkel Cahaya Abadi Motor, termasuk kemampuan lengan *crane* untuk berputar demi memfasilitasi pekerjaan dengan lebih baik.

Maka perlu dirancang ulang *slewing engine crane* yang sudah ada di pasaran dengan mempertimbangkan kebutuhan bengkel Cahaya Abadi Motor. Alat ini mudah digunakan dan dapat dibongkar pasang sehingga mudah di simpan. Selain itu lengan *crane* juga

dapat berputar 180° secara horizontal. Faktor utama dalam *slewing engine crane* adalah kekuatan terhadap pembebanan. Struktur yang dimiliki kuat sehingga dibutuhkan perancangan dan analisis struktur yang akurat agar tidak terjadi kegagalan yang mengakibatkan kecelakaan kerja. Perancangan ini dilakukan menggunakan Metode *Ulrich* untuk mendapatkan hasil rancangan yang paling memenuhi kriteria kebutuhan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode *Ulrich*. Langkah yang dilakukan pada metode ini ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram alir penelitian. Penelitian dimulai dari mengkaji produk eksisting, menyusun daftar kebutuhan, membuat konsep desain dan memilih konsep desain yang mempunyai nilai paling baik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 1. merupakan daftar kebutuhan yang digunakan sebagai dasar pembuatan konsep desain. Daftar kebutuhan didapatkan dari studi lapangan pengguna alat *engine crane*.

Tabel 1
Daftar Kebutuhan

| Kriteria | S/H | Uraian Kebutuhan | Penanggung jawab |
|-------------------|-----|----------------------|---------------------------|
| Perawatan | S | Perawatan mudah | Tim Desain |
| Proses Manufaktur | S | Mudah di manufaktur | Tim desain dan manufaktur |
| | H | Bahan mudah di dapat | |
| Operasional | S | Mudah di operasikan | Tim desain dan manufaktur |
| Fleksibilitas | S | Bisa di lipat | Tim desain dan manufaktur |

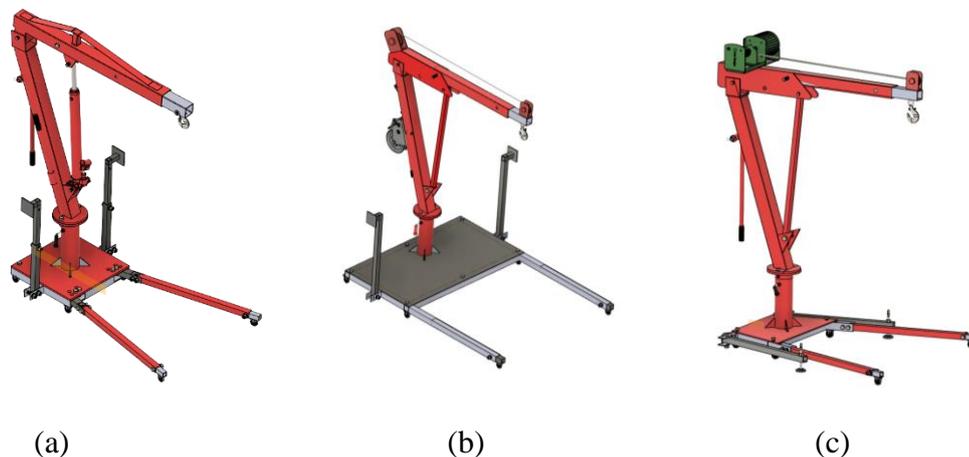
S=syarat, H=harapan

Berdasarkan tabel daftar kebutuhan kemudian dibuat beberapa konsep desain untuk memenuhi setiap kriteria dengan konsep yang berbeda. Konsep yang telah di buat kemudian dipilih menggunakan matriks penilaian konsep berdasarkan skor dan pembobotan pada masing-masing kriteria. Konsep yang memiliki nilai paling besar

merupakan konsep yang akan dipilih. Konsep desain terpilih kemudian akan disempurnakan pada perwujudan desain. Setiap komponen akan di hitung berdasarkan kapasitas *crane* yang telah di tentukan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik hasil perhitungan akan di validasi menggunakan simulasi *static stress*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep desain di buat bervariasi untuk memenuhi setiap kriteria. Gambar 2. merupakan tiga konsep yang telah dirancang yang kemudian akan dipilih menggunakan Matriks penilaian konsep desain untuk medapatkan konsep desain yang paling baik.



Gambar 2. Konsep desain, (a) konsep desain 1, (b) konsep desain 2, (c) konsep desain 3.

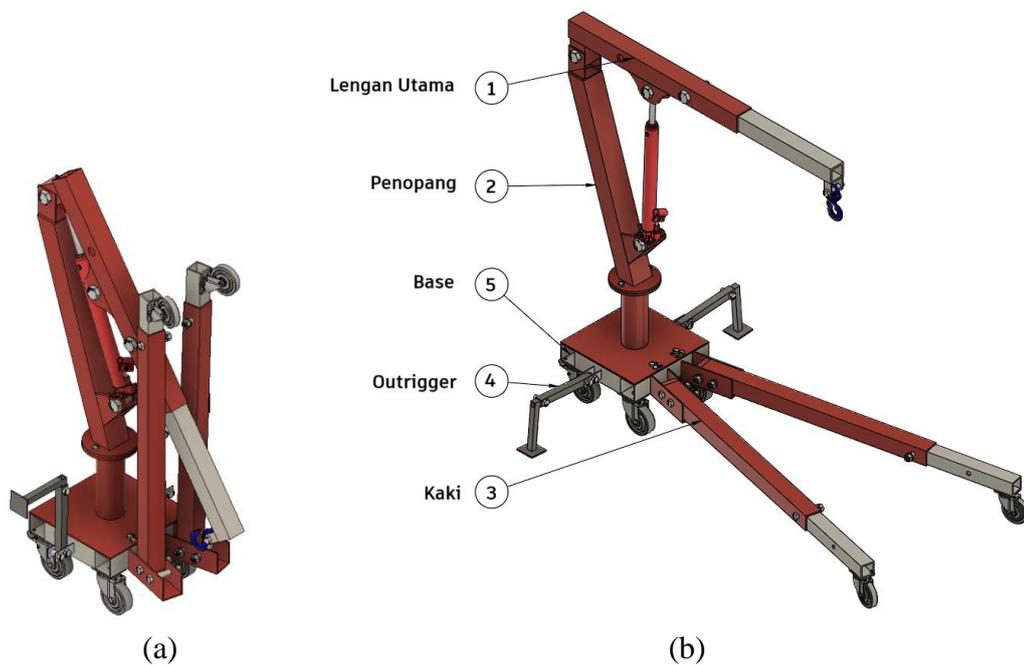
Pada matrik penilaian konsep desain masing-masing konsep desain di nilai berdasarkan bobot pada masing-masing kriteria dan skor pada masing-masing konsep yang di nilai secara kuantitatif. Konsep desain yang memiliki nilai absolut atau relatif yang paling besar merupakan konsep terpilih. Konsep terpilih mewakili konsep yang paling memenuhi kriteria kebutuhan yang telah di tetapkan. Tabel 2. adalah hasil nilai penilaian konsep desain.

Tabel 2
Matriks Penilaian Konsep Desain

| Kriteria Seleksi | Bobot | Konsep Desain | | | | | | | |
|------------------|-------|---------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | | Konsep 1 | | Konsep 2 | | Konsep 3 | | Existing | |
| | | Rate | Skor bobot | Rate | Skor bobot | Rate | Skor bobot | Rate | Skor bobot |
| Perawatan | 20% | 4 | 0.8 | 2 | 0.4 | 3 | 0.6 | 3 | 0.6 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|----|------|----|------|----|-----|----|------|
| Proses Manufaktur | 25% | 2 | 0.5 | 3 | 0.74 | 2 | 0.5 | 3 | 0.75 |
| Operasional | 25% | 3 | 0.75 | 4 | 0.6 | 4 | 0.6 | 3 | 0.75 |
| Fleksibilitas | 30% | 5 | 1.5 | 2 | 0.6 | 4 | 1.2 | 2 | 0.9 |
| Nilai Absolut | | 14 | 3.55 | 11 | 2.35 | 13 | 2.9 | 11 | 2.7 |
| Nilai Relatif (%) | | 28 | 31 | 22 | 20 | 26 | 25 | 22 | 23 |

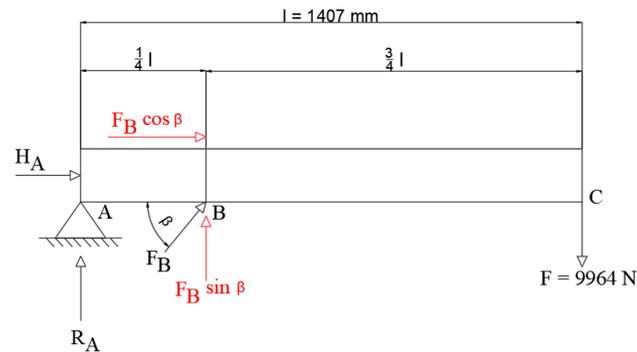
Berdasarkan tabel matrik penilaian konsep, konsep terpilih adalah konsep 1 dengan nilai absolut sebesar 14 dan nilai relatif sebesar 28%. Detail konsep 1 saat keadaan terlipat dan kondisi operasional serta detail komponen penyusunnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Terpilih, (a) Kondisi Terlipat, (b) Kondisi Operasional

Perwujudan desain dilakukan untuk menyempurnakan konsep desain terpilih, meliputi perhitungan penentuan ukuran profil, hingga pemilihan komponen-komponen penunjang. Perhitungan struktural diperlukan pada komponen-komponen *engine crane* yang menerima beban untuk menentukan modulus profil minimumnya, sehingga *engine crane* aman digunakan untuk mengangkat mesin mobil dengan berat yang telah ditentukan.

Berikut ini adalah diagram benda bebas pada lengan utama dengan panjang 1407 mm yang menerima beban maksimum sebesar 9964 N dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram benda bebas pada lengan utama

$$+\circlearrowleft \Sigma M_A = 0 \quad (1)$$

$$R_A \times 0 - F_B \sin \beta \times \frac{1}{4} l + F \times l = 0$$

$$0 - F_B \sin \beta \times \frac{1}{4} l + F \times l = 0$$

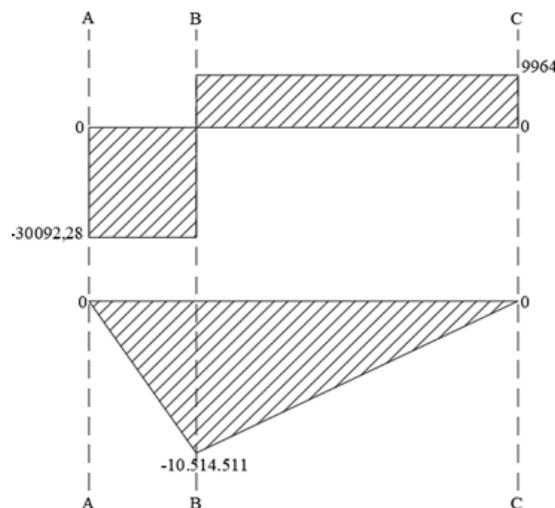
$$F_B \sin \beta = \frac{9964 \times 1407}{351,75}$$

$$F_B \sin \beta = 39856 \text{ N}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad (2)$$

$$R_A + F_B \sin \beta - F = 0$$

$$R_A = 9964 - 39856 = -30092,28 \text{ N}$$



Gambar 5. SFD dan BMD

Berdasarkan Gambar 5. *Shear force diagram* dan *Bending momen diagram*, didapatkan nilai momen maksimum yang diterima oleh lengan utama yaitu sebesar 10,514 kN/mm. Profil kerangka direncanakan menggunakan profil *square hollow* dengan material *Alloy Steel* dengan nilai kuat tarik (σ) adalah 620,422 N/mm². *Factor*

of safety (S_f) yang digunakan pada *crane* ini adalah 2, berdasarkan kondisi bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui (Joseph P Vidosic). Tegangan ijin dihitung untuk menentukan modulus penampang minimum (Z_{req}) yang di butuhkan.

$$\sigma_i = \frac{\sigma_b}{S_f} \quad (3)$$

$$\sigma_i = \frac{620,422}{2} = 310.211 \text{ N/mm}^2$$

$$Z_{req} = \frac{M}{\sigma_i} \quad (4)$$

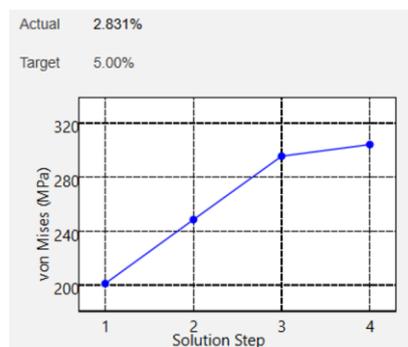
$$= \frac{10.514.511}{310,211} = 33.89 \text{ cm}^3$$

Berdasarkan perhitungan modulus penampang minimum (Z_{req}) dipilih *square hollow* dengan ukuran 80 x 80 x 5 mm dengan modulus penampang 34.2 cm³ untuk komponen lengan utama. Ukuran profil secara lengkap di sajikan pada Tabel 3.

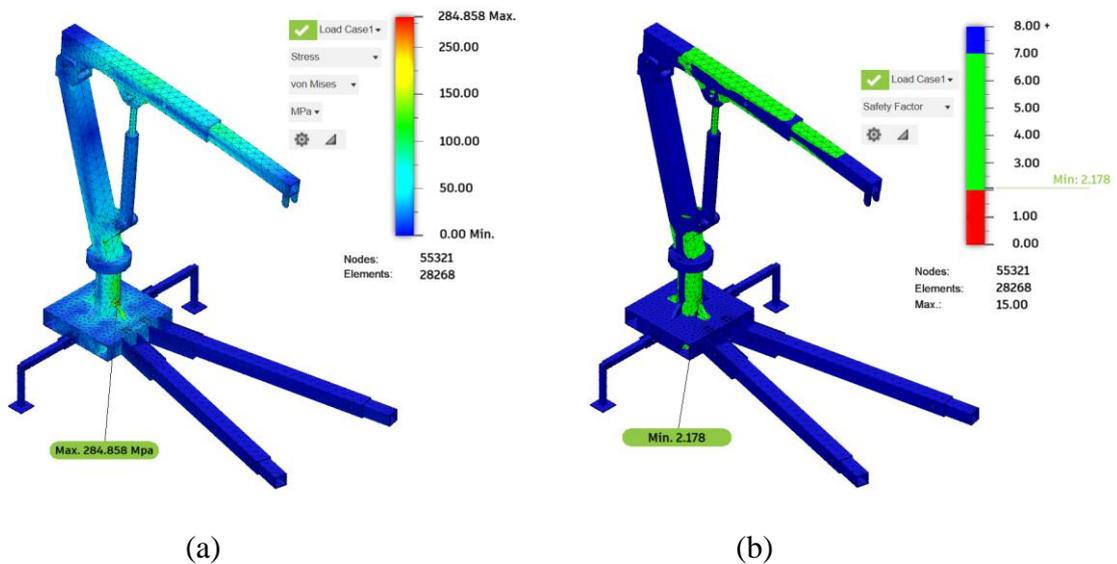
Tabel 3
Ukuran profil komponen

| No | Komponen | Z_{req} (cm ³) | Ukuran profil (mm) | Z (cm ³) |
|----|--------------|------------------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Lengan utama | 33.89 | 80 x 80 x 5 | 34.2 |
| 2 | Penopang | 79.93 | 100 x 80 x 12.5 | 85.2 |
| 3 | Kaki | 14.25 | 60 x 60 x 4 | 15.1 |
| 4 | Outrigger | 4.12 | 40 x 40 x 4 | 5.91 |
| 5 | Base | 28.31 | 80 x 80 x 4 | 28.6 |

Hasil validasi *engine crane* secara keseluruhan dengan menggunakan simulasi *static stress* dengan nilai uji konvergensi 2.831% seperti pada Gambar 6, ditunjukkan pada Gambar 7(a) untuk hasil maksimum *stress* dan Gambar 7(b) untuk nilai minimum *safety factor actual*.



Gambar 6. Convergence Result



Gambar 7. Simulation Result, (a) Max. Stress, (b) Min. Safety Factor actual

Dari hasil simulasi *static stress* menunjukkan bahwa rancangan *engine crane* aman menerima beban yang diberikan yaitu sebesar 1 Ton. Hal tersebut bisa dilihat dari hasil maksimum *stress* kurang dari *allowable stress* yaitu ($284,858 \text{ Mpa} < 310,11 \text{ Mpa}$), atau bisa dilihat dari nilai *minimum safety factor actual* lebih besar dari *safety factor design* yaitu ($2,178 > 2$).

Hasil perencanaan komponen pendukung *engine crane* seperti *hook*, hidrolik, dan roda disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4
Komponen pendukung

| No. | Komponen | Spesifikasi |
|-----|--------------|---|
| 1 | <i>Hook</i> | <i>Type</i> : <i>Swivel hook with latch</i> |
| | | <i>Material</i> : <i>Alloy Steel</i> |
| | | <i>Work Load limit</i> : <i>1.5 Ton</i> |
| 2 | Hidrolik | <i>Type</i> : <i>Long ram jacks</i> |
| | | <i>Stroke</i> : <i>20 1/8" – 36 5/8"</i> |
| | | <i>Capacity</i> : <i>5 Ton</i> |
| 3 | Roda x 6 pcs | <i>Type</i> : <i>Swivle Castors</i> |
| | | <i>Wheel Diameter</i> : <i>160 mm</i> |
| | | <i>Size of plate</i> : <i>137 x 105 mm</i> |
| | | <i>Load capacity</i> : <i>280 kg</i> |

SIMPULAN

Hasil dari perancangan struktur *engine crane* sebagai sarana penunjang bengkel mobil di buat model 3D dan analisis dengan menggunakan bantuan *software CAD/CAE*. Konsep terpilih yaitu konsep design 1 dengan nilai absolut sebesar 14 dan nilai relatif sebesar 28 %. Hasil analisis terhadap keseluruhan kekuatan struktur dari *engine crane* menunjukkan bahwa kondisinya aman karena nilai *minimum safety factor actual* melebihi nilai *safety factor design* yang ditentukan yaitu ($2.178 > 2$), tegangan maksimum *max. von misses stress* yang diperoleh lebih kecil dari *allowable stress*, yaitu ($284,858 \text{ Mpa} < 310,211 \text{ Mpa}$).

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A. Z., Asmara, I. P. S., & Purnomo, D. A. (2023). Perancangan *Floor Crane* sebagai Alat Bantu Penggantian *Battery Pack* pada *Tram Mover TMII*. Tugas Akhir. Teknik Desain dan Manufaktur. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Aziez, R. R., Setijogiarto, N. E., Mulyana, F. (2023). Perancangan *Jib Crane* dengan kapasitas Angkat 500 Kg untuk Alat Bantu Sumur Deep Well di PT. X.
- Hamukti, D. D., Karuniawan, B. W., & Purnomo, D. A. (2021). Rancang Bangun *Floor Crane* dengan Kapasitas Angkat Maksimum 1 Ton. 2654.
- Hasibuan, F., Mahyudin, Y., Sulaiman, M. (2021). Pembuatan dan Pengujian Alat *Portable Crane* dengan Kapasitas Maksimum 150 Kg.
- Bhoyar, P. D., Shewale, A. R. (2022). Design and Fabrication of Hydraulic Portable Crane.
- Koli, Dr. S. R., Dethe, N., Pore, S., Barale, S. (2024). Design and Fabrication of Hydraulic Floor Crane. *International Journal of Creative Research Thoughts*.
- Lad, H., Kayastha, J., Mahyavanshi, H., Gupta, D., Mistry, J., Rathod, Dr. K. B. (2020). A Comparative Study on Automovile Engine Hoist. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*.
- Pamungkas, A. (2021). Perancangan *Jib Crane* dengan Kapasitas Angkat 80 Kg dan Alat Bantu Angkat *Sunroof*.
- Wibawa, L. A. N. (2019). Desain dan Analisis Tegangan Struktur Crane Kapasitas 10 Ton menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan, Vol. 4 (No.2), pp. 207-16*.
- Zahro, A. D. F, Sidi, P., & Primaningtyas, W.E. (2021). Perancangan Struktur *Hydraulic Crane* Kapasitas 250 Kg sebagai Sarana Penunjang Laboratorium *Outboard Engine* di PPNS. Tugas Akhir. Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.