

Perancangan Pengembangan *Rail Mover* sebagai Alat Bantu Penggantian Rel Kereta Api

Nawaf Tri Hamdani^{1*}, Mohammad Miftachul Munir², Dhika Aditya Purnomo³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*,3}

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia²

E-mail: nawaftri29@student.ppns.ac.id^{1*}

Abstract - It can be known that in the efforts to maintain and repair the railway, especially in the process of replacing the old rail into a new rail, sometimes overall still using human power or conventional means. However, there are generally tools used for the rail change process. The tool used for rail change is with rail mover. The use of rail movers is limited to the removal of rails only, while for the transfer of rails from one place to another by transporting by human power. So that in the process of working on the rails become less efficient. In addition, it only has one hook block, meaning that in one operation it can only move one rail. With such conditions, researchers will conduct a rail mover product development. The design result obtained safety factor H Beam has a value of 9,985, deformation value of H Beam of 0.093368 mm, top buckling support value 50,465 times and bottom support 176.94 times, pin shear stress value of 7,618 N/mm², hydraulic pressure value of 636.97 N/cm² and scissor able to lift weight 36,440.59 N at highest position and can lift load 9,739.42 N at lowest position. The need for the number of rail movers used in the operation of the lifting and moving of the railway is as much as 1 piece of rail mover. The total cost for the manufacture of rail movers is obtained from the calculation of raw material costs and manufacturing costs. In the cost of raw materials for the manufacture of rail mover is Rp15,678,427 while for manufacturing costs of Rp13,350,000.

Keyword: Rail Mover, Rail, Railroad

Nomenclature

P	Beban
I_{xx}	Momen inersia
w	Berat stuktur
σ	Tegangan normal
Q	Momen statis
V	Beban yang bekerja pada penampang
τ	Tegangan geser
σ_v	Tegangan von-mises
S_f	Faktor Keamanan
δ	Deformasi
P_{cr}	Beban Kritis
E	Modulus elastisitas
F	Gaya pembebanan
W	Beban yang bekerja pada penampang
p	Tekanan pada silinder hidrolik

1. PENDAHULUAN

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.[1] Dapat diketahui bahwasanya dalam upaya perawatan dan perbaikan lintasan kereta api khususnya dalam proses penggantian rel lama menjadi rel baru, terkadang secara keseluruhan masih

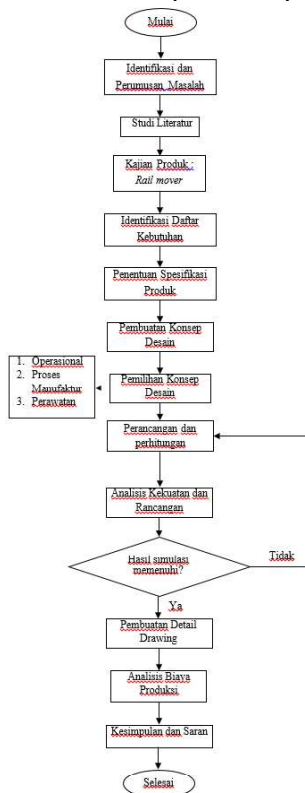
menggunakan tenaga manusia atau cara konvensional. Namun, pada umumnya terdapat alat yang digunakan untuk proses pergantian rel tersebut. Alat bantu yang digunakan untuk pergantian rel adalah dengan *rail mover*. Penggunaan *rail mover* ini terbatas pada pengangkatan rel saja, sedangkan untuk pemindahan rel dari tempat satu ke tempat lainnya dengan diangkut oleh tenaga manusia. Sehingga dalam proses pengerjaan penggantian rel menjadi kurang efisien. Selain itu hanya memiliki satu *hook block*, artinya dalam sekali pengoperasian hanya dapat memindahkan satu rel saja. Dengan kondisi seperti itu, peneliti akan melakukan sebuah pengembangan produk *rail mover*. Dimana *rail mover* ini nantinya dapat digunakan sebagai alat angkat sekaligus alat angkut rel lama menjadi rel baru. Jadi dalam proses penggantian rel lama menjadi rel baru tersebut dapat berjalan dengan lebih efisien. Harapannya dengan adanya pengembangan produk ini nantinya dapat mempercepat proses penggantian rel kereta api

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Identifikasi awal dan studi literatur adalah tahap untuk menentukan rumusan masalah serta tujuan dari penelitian serta mempelajari bentuk geometri, beban, serta hasil simulasi pada penelitian sebelumnya. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan dan pemilihan konsep dengan menggunakan metode *Ulrich* dan dilakukan analisis kekuatan. Proses fabrikasi dan uji performa dilakukan apabila desain sudah selesai dibuat, pada tahapan terakhir adalah analisis biaya produksi dan kesimpulan maupun saran.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Formula Matematika

Momen inersia (I_{xx})

$$I_{x_0} + Ay^2 \quad (1)$$

Momen *bending* maksimal

$$M_{max} = \frac{P \cdot x \cdot l}{8} \quad (2)$$

Tegangan normal

$$\sigma = M \cdot y / I_{xx} \quad (3)$$

Tegangan geser

$$\tau = (Q \cdot V) / (I_{xx} \cdot t) \quad (4)$$

Tegangan *von-mises*

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2} \quad (5)$$

Deformasi

$$\delta = \frac{P \cdot x \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I_{xx}} + \frac{w \cdot x \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{xx}} \quad (6)$$

Beban kritis

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{xx}}{L^2} \quad (7)$$

Buckling

$$F_{atas} = \frac{P_{cr}}{sf} \quad (8)$$

Tegangan pin

$$\sigma_t = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \cdot x \cdot d^2 \cdot x} \quad (9)$$

Gaya maksimal *scissor*

$$P = \frac{L \cos \alpha \left(\frac{w}{2} + \frac{w \cdot l \cdot e \cdot g}{4} \right)}{\left(\left(\frac{L}{2} - a \right) - L \right) \sin (\alpha + \beta)} \quad (10)$$

Effective pressure force

$$F = p \cdot A \cdot x \cdot \mu \quad (11)$$

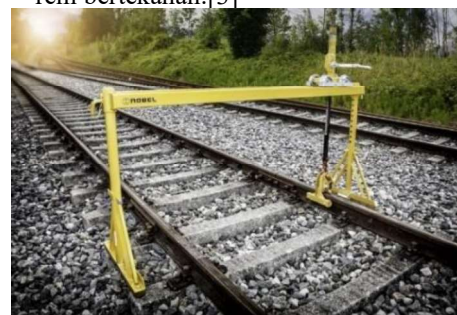
2.3 Metode Ulrich

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Ulrich*, karena menurut Fadlilah (2020), metode *Ulrich* cocok digunakan untuk mengembangkan sebuah produk yang berdasarkan dari identifikasi kebutuhan konsumen serta metode ini memiliki kelebihan untuk memperbaiki kelemahan dari produk perbandingan serta menambahkan hal-hal yang perlu ditambahkan dari produk perbandingan, oleh karena itu metode *Ulrich* dipilih pada penelitian ini.[2]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kajian Produk *Rail mover*

1. Jarak yang disarankan antara perangkat kira-kira 10 m.
2. Terdiri dari 2 penyangga, 1 balok silang, 1 pencekam keliling dan 1 pasang *roller* dilengkapi pengunci.
3. Tersedia lubang untuk menyesuaikan ketinggian balok silang dengan pin pengunci, dengan tuas lipat, kaki kayu, dan *roller* berjalan.
4. Mudah dibongkar untuk diangkut dari dan ke lokasi kerja.
5. ROBEL 41, dilengkapi tuas pengaman dan rem bertekanan.[3]



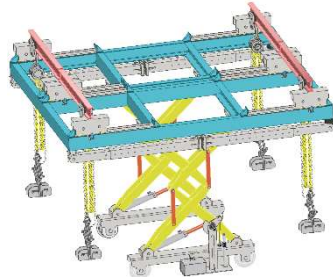
Gambar 2. *Rail mover* (full view)

Rail mover robel tersebut dalam pengoperasiannya sepenuhnya masih menggunakan cara manual atau konvensional. Dimana untuk pemindahan dari satu titik ke titik lain harus diangkat oleh minimal dua orang dengan cara dipikul. Selain itu dengan dimensi produk serta profil yang kecil maka kapasitas beban yang diangkat otomatis kecil, karena disesuaikan dengan kemampuan produk dalam mengangkat beban. Hal ini sangat mengurangi efektifitas dan efisiensi kerja dalam penggantian rel kereta api nantinya.

3.2 Pemilihan Konsep Desain

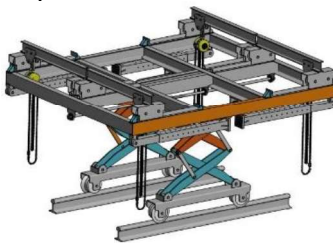
Pemilihan konsep desain dengan menggunakan metode *Ulrich*, metode *Ulrich* digunakan untuk membandingkan dan menyaring 2 konsep desain yang telah dibuat. Dari daftar kebutuhan diatas, kemudian dibuat 2 konsep desain tersebut sebagai berikut :

1. Konsep desain 1



Gambar 3. Konsep Desain 1

2. Konsep desain 2



Gambar 4. Konsep Desain 2

3. Bobot Kriteria Seleksi

Tabel 1: Daftar Kebutuhan Produk

Daftar Kebutuhan			
Aspek	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
Model (fungsi)	S	Multifungsi Tidak memerlukan sumber energi listrik AC	Tim desain dan manufaktur
Kuat dan aman	H	Kuat dengan beban yang ditentukan.	Tim desain dan manufaktur
Manufaktur	S	Dapat di manufaktur. Bahan/sparepart mudah didapat dan di rakit.	Tim desain dan manufaktur
Perawatan/pemeliharaan	H	Jika ada kerusakan mudah diperbaiki.	Tim desain dan manufaktur
	S	Mudah dibersihkan.	
Biaya	H	Biaya perawatan dalam batas wajar.	Tim desain dan manufaktur
Pengoperasian mesin	S	Mudah dioperasikan	Tim desain

Tabel 2: Keterangan Bobot Kriteria Seleksi

Kriteria Seleksi	Bobot	Keterangan
Operasional	40%	Porsi 40% dikarenakan aspek operasional merupakan faktor yang sangat penting dalam menunjang efektifitas pekerjaan di lapangan nantinya.
Manufaktur	25%	Porsi 25% dikarenakan aspek manufaktur menentukan biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan produk.
Perawatan	35%	Porsi 35% dikarenakan aspek perawatan memiliki peran penting baik untuk operasional maupun biaya pembuatan produk.

4. Matriks Pemilihan Konsep

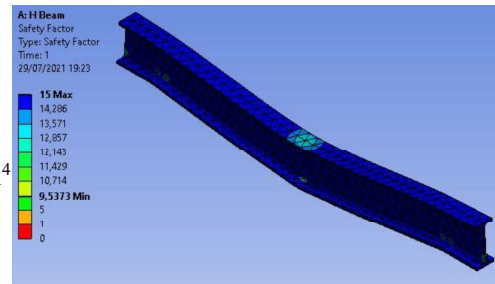
Tabel 3: Penentuan Nilai pada Matriks Pemilihan Konsep

No	Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep					
			1		2		Existing	
			Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor
1 Operasional								
	Kemudahan posisi pengoperasian wrench impact ke rail mover	40%	4	1,6	2	0,80	1	0,40
	Efektifitas sistem operasional		5	2,00	5	2,00	1	0,40
2 Manufaktur								
	Jumlah komponen yang diperlukan		1	0,25	4	1,00	5	1,25
	Kemudahan dalam proses perakitan atau proses manufaktur	25%	3	0,75	3	0,75	2	0,75
3 Perawatan								
	Tidak memerlukan perawatan yang sulit		4	1,40	4	1,40	5	1,75
	Kerusakan yang diakibatkan mudah dan cepat untuk dilakukan perbaikan	35%	3	1,05	2	0,70	5	1,75
Nilai Absolut			20	7,05	20	6,65	19	6,3
Nilai Relatif			9%	5%	9%	5%	2%	5%

3.3 Perancangan dan Perhitungan Desain

1. Perhitungan H Beam

$$\begin{aligned}
 P &= P_{act} + w_{Hbeam} \\
 &= 13.667,30 + 164 \\
 &= 13.831,30 \\
 \text{Momen inersia (Ixx) katalog profil} &= 4.129.762 \text{ mm}^4 \\
 M_{max} &= (P \times l)/8 \\
 &= (13.667,30 \times 1.025)/8 \\
 &= 3.502.246,089 \text{ Nmm} \\
 w &= \text{berat stuktur Hbeam} \\
 q &= \text{berat total Hbeam / panjang profil} \\
 &= 164/1 \\
 &= 0,16 \text{ N/mm} \\
 M_{max} &= (P \times l)/8 + (q \times l^2)/8 \\
 &= 1.751.123 + 20,5004475 \\
 &= 1.751.143,5 \text{ Nmm} \\
 \sigma &= M / I_{xx} \\
 &= 1.751.143,5 / 4.129.762 \\
 &= 23,110 \text{ N/mm}^2 \\
 \tau &= (Q \cdot V) / (I_{xx} \cdot t) \\
 &= (100875 \times 13.831,30) / (4.129.762 \times 60) \\
 &= 5,564103 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_v &= \sqrt{(\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2} \\
 &= \sqrt{(0 + 23,110)^2 + 3 \times (5,564103)^2} \\
 &= 25,03863572 \text{ N/mm}^2 \\
 SF &= \sigma_y / \sigma_{act} \\
 &= 250 / 25,03863572 \\
 &= 9,98 \\
 \delta &= \frac{P \times L^3}{192 \times E \times I_{xx}} + \frac{w \times L^4}{384 \times E \times I_{xx}} \\
 &= \frac{13.667,3018 \times (1.025)^3}{192 \times 200.000 \times 4.129.762} + \frac{164 \times (1.025)^4}{384 \times 200.000 \times 4.129.762} \\
 &= 0,093368 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

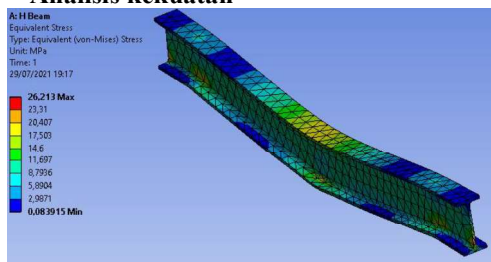


Gambar 7. Analisis SF H Beam

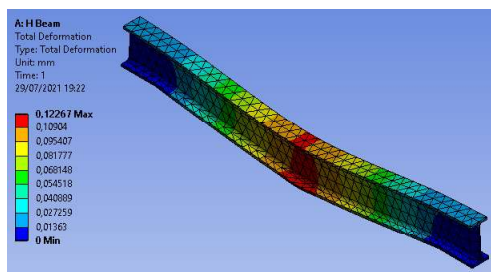
2. Perhitungan Frame Support

$$\begin{aligned}
 P_{frame \text{ support atas}} &= P_{act} + w_{Hbeam} \\
 &= \frac{38.762,87}{4} \\
 &= 9.690,72 \text{ N} \\
 P_{frame \text{ support bawah}} &= \frac{39.465,70}{4} \\
 &= 9.866,43 \text{ N} \\
 \text{Momen inersia (Ixx)} &= I_{x0} + A y^2 \\
 \text{Profil atas} &= 455.168 + 3.730.944 \\
 &= 4.186.112 \text{ mm}^4 \\
 &= 4.186 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \\
 \text{Profil bawah} &= 1.003.168 + 7.972.704 \\
 &= 8.975.872 \text{ mm}^4 \\
 &= 8,98 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \\
 P_{cr \text{ support atas}} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{xx}}{L^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 2 \times 10^{11} \times 4,186 \times 10^{-6}}{1,336^2} \\
 &= 4.629.431,57 \text{ N} \\
 P_{cr \text{ support bawah}} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{xx}}{L^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 2 \times 10^{11} \times 8,98 \times 10^{-6}}{1,025^2} \\
 &= 16.871.680,67 \text{ N} \\
 F_{atas} &= \frac{P_{cr}}{sf} \\
 &= \frac{4.629.431,57}{2} \\
 &= 2.314.715,78 \text{ N} \\
 F_{bawah} &= \frac{P_{cr}}{sf} \\
 &= \frac{16.871.680,67}{2} \\
 &= 8.435.84,34 \text{ N}
 \end{aligned}$$

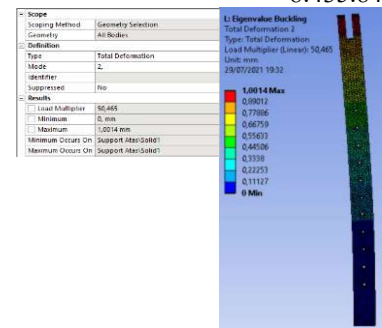
Analisis kekuatan



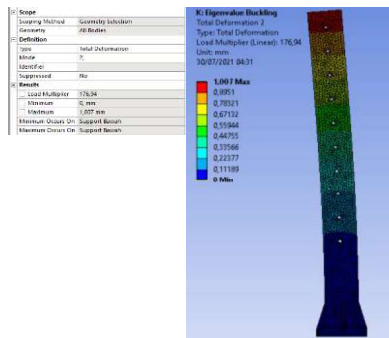
Gambar 5. Analisis Von-mises H Beam



Gambar 6. Analisis Deformasi H Beam



Gambar 8. Analisis Buckling Support Atas



Gambar 9. Analisis Buckling Support Atas

3. Perhitungan Pin

Tegangan yang diijinkan (σ_{ijin}) :

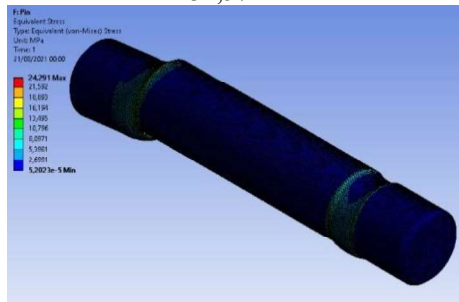
$$\begin{aligned} \sigma_{ijin} &= \frac{\sigma_y}{3} \\ &= \frac{620,422}{3} \\ &= 206,81 \text{ N/mm}^2 \\ \tau &= \frac{0,5\sigma_y}{3} \\ &= \frac{0,5 \times 620,422}{3} \\ &= 103,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter pin :

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \times \sigma_c} \times \frac{P}{2} \left[\frac{b}{4} + \frac{a}{3} \right]} \\ &= \sqrt[3]{\frac{32}{3,14 \times 206,81} \times \frac{P}{2} \left[\frac{12}{4} + \frac{12}{3} \right]} \\ &= \sqrt[3]{0,049 \times \frac{4.640,01}{2} [7]} \\ &= 9,248 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek tegangan pin pada *frame scissor* :

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{P}{\frac{\pi}{4} \times d^2 \times 2} \\ &= \frac{4.640,01}{\frac{\pi}{4} \times 9,248^2 \times 2} \\ &= 34,57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 10. Analisis Tegangan Geser Pin

4. Perhitungan Scissor

$$\begin{aligned} C_y = D_y &= \frac{W + W_{leg}}{2} \\ \sin \beta &= \frac{P_y}{P} \rightarrow P = P \sin \beta \\ \cos \beta &= \frac{P_x}{P} \rightarrow P = P \cos \beta \\ \cos \alpha &= \frac{L_x}{L} \rightarrow L_x = L \cos \alpha \\ \sin \alpha &= \frac{L_y}{L} \rightarrow L_y = L \sin \alpha \\ \sum F_x &= 0 \\ P_x + F_x &= 0 \\ F_x &= -P_x \rightarrow F_x = -P \cos \beta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ -\frac{w}{2} - \frac{w_{leg}}{2} + C_y + P_y + F_y &= 0 \\ -\frac{w}{2} - \frac{w_{leg}}{2} + \frac{w + w_{leg}}{2} + P_y + F_y &= 0 \\ F_y &= -P_y \rightarrow F_y = -P \sin \beta \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada titik C, searah jarum jam bernilai (-).

$$\begin{aligned} \frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha - P_y \left(\frac{L}{2} - a \right) \cos \alpha - F_y L \cos \alpha - \\ P_x \left(\frac{L}{2} - a \right) \sin \alpha - F_x L \sin \alpha = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha - P \sin \beta \left(\frac{L}{2} - a \right) \cos \alpha + \\ P \sin \beta L \cos \alpha - P \cos \beta \left(\frac{L}{2} - a \right) \sin \alpha + P \cos \beta L \sin \alpha = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha + P(-\sin \beta \left(\frac{L}{2} - a \right) \cos \alpha + \\ \sin \beta L \cos \alpha - \cos \beta \left(\frac{L}{2} - a \right) \sin \alpha + \cos \beta L \sin \alpha = 0 \\ \frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha + P(\sin \beta \cos \alpha \left(-\left(\frac{L}{2} - a \right) + L \right) + \\ \cos \beta \sin \alpha \left(-\left(\frac{L}{2} - a \right) + L \right) = 0 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha + P \left(-\left(\frac{L}{2} - a \right) + L \right) (\cos \beta \sin \alpha + \sin \beta \cos \alpha) = 0$$

$$\frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha + P \left(-\left(\frac{L}{2} - a \right) - L \right) (\cos \beta \sin \alpha + \sin \beta \cos \alpha) = 0$$

$$\frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{2} \cos \alpha - P \left(\left(\frac{L}{2} - a \right) - L \right) (\cos \beta \sin \alpha + \sin \beta \cos \alpha) = 0$$

Dengan aturan trigonometri $\cos \beta \sin \alpha + \sin \beta \cos \alpha = \sin(\alpha + \beta)$, maka Persamaan 7 berubah bentuk menjadi :

$$\frac{w}{2} L \cos \alpha + \frac{w_{leg} L}{4} \cos \alpha - P \left(\left(\frac{L}{2} - a \right) - L \right) \sin(\alpha + \beta) = 0$$

$$P = \frac{L \cos \alpha \left(\frac{w}{2} + \frac{w_{leg}}{4} \right)}{\left(\left(\frac{L}{2} - a \right) - L \right) \sin(\alpha + \beta)}$$

Spesifikasi dalam perhitungan teknik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L &= 1.000 \text{ mm} \\ a &= 75 \text{ mm} \\ W &= 36.440,59 \text{ N} \\ W_{leg} &= 170 \text{ N} \\ \alpha &= 45^\circ \\ \beta &= 19^\circ \end{aligned}$$

$$P = \frac{1.000 \cos 45 \left(\frac{36.440,59}{2} + \frac{170}{4} \right)}{\left(\left(\frac{1.000}{2} - 75 \right) - 1.000 \right) \sin(45 + 19)}$$

$$P = -42.502,924 \text{ N}$$

5. Perhitungan Penentuan Kebutuhan Spesifikasi Hidrolik

$$\begin{aligned} F &= p \times A \times \mu \\ 42.502,924 \text{ N} &= p \times (3,14 \times (10)^2) \times 0,85 \\ p &= \frac{42.502,924}{(3,14 \times (10)^2 \times 0,85)} \\ p &= 636,97 \text{ N/cm}^2 \\ \text{Jadi nilai dari effective pressure force} & \text{ sebesar } 636,97 \text{ N/cm}^2 \text{ atau } 63,7 \text{ bar. Maka} \end{aligned}$$

pemilihan silinder hidrolik dapat ditentukan, yaitu dengan *working pressure* 100 bar.

3.4 Rencana Anggaran Biaya

Biaya total adalah jumlah biaya yang dikeluarkan pada proses perancangan dan pembuatan *rail mover*, yang diakumulasi dari biaya bahan baku dan biaya pembuatan.

Biaya total = Biaya bahan baku + Biaya pembuatan

Biaya total = Rp15.678.427+ Rp13.350.000 = Rp29.028.427.

Jadi biaya total dari proses perancangan dan pembuatan *rail mover* adalah Rp29.028.427.

4. KESIMPULAN

1. Perancangan *Rail mover* menggunakan desain konsep 1 dibantu dengan *software Autodesk Inventor* dan *Ansys*. Gambar detail untuk *rail mover* yang berisi gambar kerja terlihat pada Lampiran 4. Hasil perancangan didapatkan *safety factor H Beam* memiliki nilai 9,985, nilai deformasi *H Beam* sebesar 0,093368 mm, nilai *buckling support* atas 50,465 kali dan *support* bawah 176,94 kali, nilai tegangan geser pin sebesar 7,618 N/mm², nilai *pressure* hidrolik sebesar 636,97 N/cm² serta *scissor* mampu mengangkat beban sebesar 36.440,59N pada posisi tertinggi dan mampu mengangkat beban sebesar 9.739,42 N pada posisi terendah.
2. Kebutuhan jumlah *rail mover* yang digunakan dalam operasional pengangkatan dan pemindahan rel kereta api adalah sebanyak 1 buah *rail mover*.
3. *Rail mover* dapat dipasang pada rel kereta api dengan posisi *scissor* tinggi minimal atau posisi rendah. Sumber tenaga utama yang digunakan adalah *wranch impact*. Hasil gerakan rotasi *wranch impact* dikonversi menjadi gerakan translasi untuk memompa fluida hidrolik. Dengan memompa fluida, maka silinder hidrolik dapat menggerakkan *rail mover* menjadi gerakan naik turun secara maksimal. Gerakan naik turun *rail mover* dapat diatur menggunakan *switch*, dimana *switch* dapat digunakan untuk mengubah *input* aliran fluida yang masuk ke silinder hidrolik. Pada akhirnya *rail mover* dapat beroperasi secara naik dan turun maksimal.
4. Total biaya untuk pembuatan *rail mover* didapatkan dari perhitungan biaya bahan baku dan biaya manufaktur. Pada biaya bahan baku pembuatan *rail mover* ini sebesar Rp15.678.427 sedangkan untuk biaya manufaktur sebesar Rp13.350.000.

Sehingga total biaya untuk pembuatan *rail mover* sebesar Rp29.028.427.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada: Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya beserta kemudahan selama penulis menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua, saudara-saudara penulis yang senantiasa memberikan dukungan secara moral, materi, dan doa sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal.
5. Bapak Pranowo Sidi, ST., MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur.
6. Bapak Farizi Rachman, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur.
7. Bapak Mohammad Miftachul Munir, S.T, M.T dan Bapak Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang memberikan bimbingan, semangat, motivasi, saran, dan pengetahuan baru pada penulis.
8. Seluruh Dosen dan *Staff* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.
9. Pembimbing *On the Job Training* PT. INKA (Persero) yang telah memberikan waktu, ilmu, pengetahuan serta kesempatannya untuk menimba ilmu selama 3 bulan di PT. INKA (Persero)
10. Seluruh teman-teman TDM angkatan 2017 yang bersama-sama berjuang selama 4 tahun.

6. PUSTAKA

- [1] Fitriani, A. (2021). *Analisis Gaya pada Silinder untuk Alat Angkut Tipe Hydraulic Scissor Lift Kapasitas 1.000 Kg*. Universitas Buana Perjuangan Karawang.
- [2] Manoharrao, S.A. (2016). *Design and Analysis of Hydraulic Scissor Lift By FEA*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Bharat Ratna Indira Gandhi College Of Engineering Solapur, Maharashtra, India
- [3] Fadlilah S.N. (2020). *Pengembangan Desain Kursi Roda Sebagai Alat Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Surabaya

- [4] Khaki, F.R. (2020). *Perancangan Overhead Crane Single Girder Dengan SWL 5 Ton*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Surabaya
- [5] Sutimbul, C.(2006) *Analisis Kerja Mesin Hidrolik Pencetak Paving Dengan Sistem Hand Control Hidrolik Pada Waktu Yang Dibutuhkan Langkah Naik Dan Turun Silinder Hidrolik*. Universitas Negeri Semarang. Semarang
- [6] Tamtomo, W. (2019). *Kajian Umur Jalan Rel Berdasarkan Keausan Dengan Metode Dari Area Dan Perjana*. Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. Madiun
- [7] Utomo, Gatot Yogo Tri (2017) *Perancangan Wheel Alignment Scissor Lift Kapasitas Angkat 3 Ton*. University of Muhammadiyah Malang. Malang
- [8] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM. 60 Tahun 2012. Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- [9] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : PM 24 Tahun 2015. Standar Keselamatan Perkeretaapian