

Perencanaan Sistem *Trolley* dan *Bridge* Pada *Overhead Travelling Crane* Beban Angkat 10 Ton

Petrus Gregorius Feto¹, Wartono^{2*}, Sutrisna³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

*Corresponding author: wartono@itny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari perancangan ini ialah untuk merencanakan mekanisme *trolley* dan *bridge* unit di sektor industri dengan kapasitas 10 ton. Tujuan lain dari perancangan ini juga mau memberikan proses pengerjaan produk *trolley* dan *travelling* dengan perhitungan dan gambar. Komponen-komponen utama yang dibahas pada perancangan *Overhead travelling Crane* ini adalah komponen mekanisme *Trolley* dan *Travelling* yang meliputi motor penggerak, transmisi roda gigi, kopling, rem, bantalan poros, roda jalan, dan poros. Perancangan ini menghasilkan sejumlah tahap perhitungan komponen-komponen pada sistem *trolley* dan *travelling* dan produk berupa gambar 2D dan 3D.

Kata kunci : Mekanisme *trolley*, *travelling*, *overhead travelling crane*, 10 ton

ABSTRACT

The purpose of this design is to design a trolley unit mechanism for an industrial crane with a capacity of 10 tons. It also aims to provide a manufacturing process for the trolley and traveling crane, with calculations and drawings. The main components discussed in the design of this overhead traveling crane are the trolley and traveling crane mechanisms, including the motor drive, gear transmission, clutch, brake, axle bearings, road wheels, and axle. This design involves several calculation steps for the components of the trolley and traveling crane system, and the resulting product is presented in 2D and 3D drawings.

Keywords: *Trolley mechanism, travelling mechanism, overhead travelling crane, 10 tons*

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya jaman dan teknologi yang semakin maju serta banyaknya kebutuhan industri, para ahli terus mengembangkan perangkat mekanis guna membantu pekerjaan-pekerjaan berat bertujuan untuk meringankan atau memudahkan pekerjaan manusia. Untuk mempermudah memindahkannya, diciptakan suatu alat yang disebut mesin pemindah bahan. Dengan keberadaan mesin pemindahan bahan dalam sebuah industri sangat menentukan cepat atau lambatnya proses produksi yang berlangsung.

Di dunia industri seperti industri manufaktur, industri otomotif, atau pertambangan dan lain sebagainya kebutuhan alat pemindah bahan terbilang cukup tinggi dikarenakan objek atau bahan yang ingin dipindahkan tergolong berat.

Alat pengangkat diatas sudah lama dimanfaatkan oleh manusia walaupun pada awalnya hanya pada lingkup yang kecil, seperti sebagai pengungkit, pengganjal, penahan beban, dan penggerak tenaga manusia lain sebagainya, dan dengan berkembangnya jaman telah digunakan dan dimanfaatkan sebagai alat yang memperingan dan mempermudah pekerjaan dengan sistem yang sesuai kebutuhan kerja alat tersebut.

Alat pengangkat beban (*Material Handling Equipment*) merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan barang atau bahan secara vertikal ataupun horizontal. Dalam kegunaannya alat pengangkat tersebut hanya untuk memindahkan dalam jarak tertentu.

Di dalam dunia kerja di bidang industri dituntut pekerjaan yang efisien, ekonomis dan tidak mengabaikan faktor-faktor keselamatan. Manusia dituntut untuk berfikir untung dalam menyelesaikan pekerjaan, sehingga pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dengan cepat, tepat, dan membutuhkan tenaga yang seminim mungkin.

Alat Pengangkat dan Pengangkut

Ditinjau dari segi peralatan penanganan material pesawat pemindah barang dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

A. Pesawat Pengangkat.

Pesawat angkat adalah alat sederhana ataupun mekanis yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan suatu objek atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Pesawat pengangkat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

- a. Alat pengangkat sederhana yang dioperasikan secara manual, contohnya, dongkrak ulir, dongkrak roda gigi, dongkrak hidroulik, puli tangan, dan lain sebagainya.
- b. Alat pengangkat dengan menggunakan penggerak mesin dan mekanisme pengangkatan yang relatif jauh. Contohnya dongkrak pneumatic, dongkrak listrik, lir bermesin, crane, elevator, dan lain sebagainya.

B. Pesawat Pengangkut.

Definisi pesawat pengangkut hampir sama dengan pesawat pengangkat namun ada sedikit perbedaan pada pergerakan yang mana pesawat pengangkut bergerak secara horizontal dan pesawat pengangkat bergerak secara vertikal.

Pesawat pengangkut dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Sistem ban pengangkut. Sistem ini menggunakan ban berjalan untuk mengangkut muatan baik berupa tumpahan maupun satuan. Contohnya *Conveyor*.
- b. Sistem lori pengangkut. Sistem ini sama seperti ban pengangkut bedanya lori pengangkut bekerja tidak secara *continue* atau melakukan pekerjaan satu per satu. Contohnya Lori lir.

Overhead Travelling Crane

Overhead Travelling Crane adalah salah satu alat pesawat angkat yang berupa jembatan melintang diatas yang umumnya terbuat dari konstruksi rangka batang yang merupakan tempat untuk berjalannya crane sebagai jalur rel untuk berpindah tempat yang di pasang pada dinding atau tembok bangunan.

Mekanisme ini disebut *Trolley* yang dilengkapi dengan alat-alat sedemikian rupa untuk menghasilkan gerakan antara lain gerakan pengangkatan (*Hoisting*), dan gerakan pengangkutan (*Travelling*).

Konstruksi *Overhead Traveling Crane* yang sering digunakan dalam perusahaan ada dua jenis yaitu:

1. *Overhead Traveling Crane* berpalang Ganda (*Girder ganda*).



Gambar 1. *Overhead Traveling Crane* Berpalang Ganda
(Sumber: <https://aimix.id/electric-overhead-traveling-crane/>)

Untuk *Overhead Travelling Crane* berpalang ganda mempunyai dua perancangan yang berbeda antara lain:

- a. *Overhead Traveling Crane* dengan *Trolley* berpalang atas.
 - b. *Overhead Traveling Crane* dengan *Trolley* berpalang bawah.
2. *Overhead Travelling Crane* berpalang Tunggal (*Girder Tunggal*).



Gambar 2. *Overhead Travelling Crane* Berpalang Tunggal.
(Sumber: <https://www.linkedin.com/pulse/electrical-overhead-traveling-crane/>)

Bagian Bagian Utama Pada *Overhead Travelling Crane*



Dalam mengoperasikannya *Overhead Travelling Crane* memiliki tiga bagian utama yaitu:

- Sistem Pengangkat (*Hoisting system*).
- Sistem *Trolley*.
- Sistem Berjalan (*Travelling system*).

HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian-bagian diatas sesuai dengan judul penulisan perancangan, penulis berfokus pada sistem *Trolley* dan *Bridge*.

Perhitungan Roda jalan.

Roda yang terdiri dari empat buah roda yang berada pada profil jembatan, dua buah roda berada pada sisi kiri dan dua buah roda berada pada sisi kanan. Keempat roda tersebut berjalan diatas *crane bridge girder* dengan bantuan transmisi.

Gaya maksimum yang bekerja pada troli:

$$P_{\max} = \frac{Q + G_t}{4}$$

dimana :

Q = Bobot beban + kait = 10047 kg.

G_t = Berat troli dan perlengkapan = 4000 kg.

Maka:

$$P_{\max} = \frac{10047 + 4000}{4}$$

$P_{\max} = 3511$ kg.

Pada roda troli yang dipilih *steel 3* kekuatan bahan yang diijinkan 4500 kg/cm^2 .

Dan hasil hitung pada roda troli aman untuk digunakan.

Tegangan tekan satuan:

$$\sigma_{\max} = 600 \sqrt{\frac{P.k}{b.r}}$$

Dimana:

P = beban yang bekerja setiap roda = 3511 kg

b = lebar permukaan rel = 7 cm

c=r = jari-jari permukaan rel = 0,35

k = koefisien untuk menghitung kecepatan gelinding roda yang ditentukan dari rumus $k = 1$ sampai $0,2$ (*rudenko 261*) diambil $0,2$.

v = kecepatan gelinding roda = 15 m/menit = $0,25$ m/detik

$k = 0,02 \times 0,25 = 0,05$ m/detik

sehingga:

$$\sigma_{\max} = 600 \sqrt{\frac{3511 \times 0,2}{7 \times 4}} = 3004 \text{ kg/cm}^2$$

Bahan roda jalan diambil dari bahan *Hardened steel 6* dengan kekuatan bahan = 9500 kg/cm^2 , dari hasil perhitungan diatas ternyata lebih kecil dari yang diijinkan, maka roda jalan aman untuk digunakan.

Perhitungan Transmisi.

Transmisi pada Troli menggunakan sistem transmisi roda gigi lurus dengan roda gigi pinion digerakan langsung oleh motor listrik melalui poros penggeraknya yang melewati kopling

Spesifikasi motor listrik yang digunakan adalah:

Tipe motor = 250 MY

Daya motor (N_{rated}) = 30 kW

Putaran motor (n) = 970 rpm

Berat motor = 525 kg

Momen Girasi (GD^2) = $1,78 \text{ kg/m}^2$

Transmisi ini direncanakan dengan menggunakan roda gigi lurus, dengan daya motor yang ditransmisikan sebesar = 30 kW dengan putara input = 970 rpm dan putaran output = $9,55$ rpm.

Perbandingan angka transmisi standar roda gigi lurus hanya diperbolehkan: $i = 5$.

Untuk mencapai syarat diatas maka perencanaan ini dibuat menjadi 3 tigtakan dengan perincian sebagai berikut

Perbandingan motor penggerak dengan roda yang digerakan adalah :

$$i = \frac{n_{motor}}{n_{roda}} = \frac{970}{9.55} = \sqrt[3]{101,58} = 4,66$$

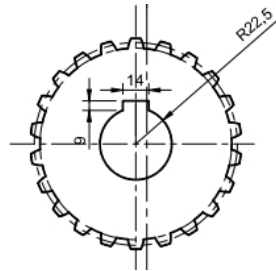
maka perbandingan transmisi setiap tingkat adalah:

$$n_2 = n_3 = \frac{970}{4.66} = 208,154 \text{ rpm.}$$

$$n_4 = n_5 = \frac{208.154}{4.66} = 44,668 \text{ rpm.}$$

$$n_6 = n_m = \frac{44.668}{4.66} = 9,55 \text{ rpm.}$$

Perhitungan Roda Gigi



Gambar 3. Roda gigi

Tabel 2. Hasil perhitungan roda gigi:

NO	RG 1	RG 2	RG3	RG 4	RG 5	RG 6
N (kW)	30	30	30	30	30	30
I	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66
Z	20	93	20	93	30	140
M	6	6	6	6	6	6
do (mm)	120	558	120	588	180	840
n (rpm)	970	208.154	208.154	44.668	44.668	9.55
α (mm)	339	339	339	339	510	510
d_a (mm)	112.76	524.34	112.76	524.34	169.14	789.3
d_v (mm)	132	570	132	570	192	852
C_v (mm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
h_f (mm)	7.5	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
d_f (mm)	96	532	96	534	156	816
v (m/s)	6.09	6.078	1.30	1.304	0.42	0.419
f_u (mm)	0.33	0.33	0.69	0.69	0.87	0.887
Y	0.320	0.434	0.320	0.434	0.358	0.446
F_t (kg)	502.46	502.45	2353.84	2346.62	7285.7	7303.10
F_b (kg/mm)	13.30	18.04	27.82	38.11	39.24	49.28
F_u (kg/mm)	8.47	8.130	42.386	43.21	80.21	80.99
K_u (kg/mm)	0.130	0.130	0.311	0.311	0.311	0.389
b (mm)	59.32	61,92	55.533	54,307	90.83	90,172
W (kg)	5.25	23.07	4.95	22.74	18.25	67.69
σ_a (kg/mm ²)	13.36	49.026	31.95	109.75	42.92	201.15
Bahan	S 25 C	S 25 C	S 25 C	S 25 C	S 25 C	S 25 C

Perhitungan Poros I

Bahan yang digunakan adalah S 45 C dengan kekuatan tarik

(σ_B) = 58 kg/mm² (tabel bahan untuk poros, sularso hal.3)

$Sf_1 = 6$, $Sf_2 = 3$ (sularso 1998).

Tegangan poros yang diijinkan:

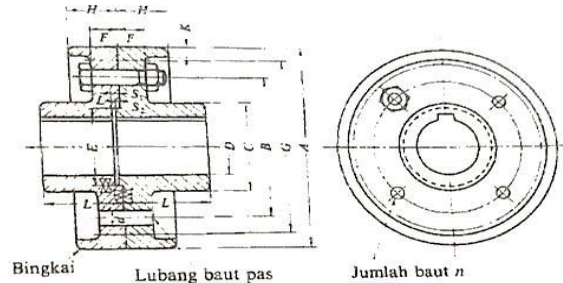
$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1)(Sf_2)} = \frac{58}{(6)(3)} = 3,2 \text{ kg/mm}^2$$

Diameter poros I



$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{16T_e}{\pi\tau_{max}}} = \sqrt[3]{\frac{16\sqrt{M_b^2 + T_1^2}}{\pi\tau_{max}}} = \sqrt[3]{\frac{16\sqrt{20547^2 + 42173^2}}{3,14 \times 3,2}} = 42,115 \sim 45 \text{ mm}$$

Perhitungan Kopling.



Gambar 4. Kopling Flens

Daya dari kopling:

$$P_d = f_c \cdot N = 1,4 \times 30 = 42 \text{ kW}$$

Momen puntir:

$$T = 9,74 \cdot (10)^5 \cdot \frac{P_d}{n_{motor}} = 9,74 \cdot (10)^5 \cdot \frac{42}{970} = 42173,2$$

Jumlah baut efektif:

$$n_e = \varepsilon \cdot n_{baut} = 0,5 \times 4 = 2$$

ε = nilai efektif baut = 0,5

Tegangan geser baut:

$$T_{baut} = \frac{8 \cdot T}{\pi \cdot (d)^2 \cdot n_e \cdot B} = \frac{8 \times 42173,2}{3,14 \times (14)^2 \times 2 \times 140} = 1,95 \text{ kg/mm}^2$$

Bahan yang digunakan adalah S 35 C dengan kekuatan tarik:

$$(\tau_a) = 50 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan geser yang diijinkan:

$$\tau_{baut} = \frac{\tau_a}{Sf_b \cdot K_b} = \frac{50}{6 \times 2} = 4,16 \text{ kg/mm}^2$$

Bahan kopling flens terbuat dari besi cor kelabu (JIS G 5501) FC25 dengan kekuatan tariknya $(\tau_a) = 25 \text{ kg/mm}^2$.

Tegangan geser yang diizinkan untuk flens:

$$\tau_{Fa} = \frac{\tau_a}{Sf \cdot K_{flens}} = \frac{25}{6 \times 2} = 2,08 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan geser flens:

$$\tau_F = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot (C)^2 \cdot F} = \frac{2 \times 42173,2}{3,14 \times (80)^2 \times 20} = 0,20 \text{ kg/mm}^2$$

Perhitungan Pasak

Tabel 2. hasil perhitungan pasak pada poros.

	Poros I	Poros II	Poros III	Poros IV
T (kg.mm)	42173	196527	915823	4283560
d_a (mm)	45	65	120	140
F (kg)	1874,36	2971	15263,7	47595
τ_{ka} (kg/mm ²)	2,7	2,7	2,7	2,7
p_a (kg/mm ²)	10	10	10	10
P (kg/mm ²)	6,8	6,60	7,85	7,85
I_1 (mm)	49,5	50,01	176	550
I_2 (mm)	34,079	33,01	138,7	8,6
I_k (mm)	83,579	83,02	315,3	4737
b/d_c	0,31	0,33	0,26	0,18
I_k/d_c	1,5	1,2	2	1,8
Bahan	S 30 C	S 30 C	S 30 C	S 30 C



Bantalan Pada poros I.

Diameter poros I adalah 45 mm, maka dipilih berdasarkan bantalan dengan dimensi sebagai berikut:

Nomor Bantalan	: Seri-02
Diameter Dalam (d)	: 45 mm
Diameter Luar (D)	: 85 mm
Lebar Bantalan (B)	: 19 mm

Perhitungan Sistem Rem

Momen pengereman:

$$M_{br} = v \times M \times \eta^2$$

Dimana:

V = Faktor rem aman = 2 - 3 (Rudenko, 1992)

η = Efisiensi penggerak rem = 0,9 (Rudenko, 1992)

M = Momen puntir.

Maka:

$$M_{br} = 3 \times 2215,05 \times 0,9 \\ = 5980,63 \text{ kg.cm}$$

Gaya pengereman:

$$P_l = \frac{M_{br}}{\mu \times D \times \eta} \frac{(l_1)^2 - (\mu)^2 \times (b)^2}{l \times l_1} = \frac{5980,63}{0,4 \times 45 \times 0,9} \frac{(45)^2 - (0,4)^2 \times (10)^2}{70 \times 45} \\ = 235,45 \text{ kg.}$$

Tekanan normal antara sepatu dan roda rem:

$$N = \frac{M_{br}}{\mu \times D} = \frac{5980,63}{0,4 \times 45} = 331,14 \text{ kg.mm}$$

Tekanan satuan rata-rata normal antara sepatu dan roda rem:

$$P = \frac{N}{F} = \frac{331,14}{1913,43} = 0,173 \text{ kg/cm}^2 < P_{aman} \text{ 3 s/d 6 kg/cm}^2 \rightarrow \text{aman.}$$

Besarnya gaya lentur :

$$\Delta S = \frac{2 \times M_{br}}{D \times l_1} \sqrt{1 + (\mu)^2 \times b} \\ = \frac{2 \times 5980,63}{45 \times 45} \sqrt{1 + (0,4)^2 \times 10} = 9,52 \text{ kg}$$

Bobot pemberat yang mengaktifkan rem:

$$G_{wt} = \frac{P_1 \frac{l \times a}{\eta \times k} - (G_1 \times f + G_{ar} \times c) \times \eta}{100} \\ G_{wt} = \frac{235,45 \times \frac{70 \times 35}{0,95 \times 25} - (10 \times 30 + 5 \times 66) \times 0,95}{100} = 242,286 \text{ kg}$$

Perhitungan Rangka Batang Utama.

Berat rangka batang utama:

$$G_{utama} = 10 \times Q_{ton} \times (L-5) + 700 \text{ kg}$$

Dimana:

Q = kapasitas angkat = 10 ton

L = Bentang crane = 20 m

Maka:

$$G_{utama} = 10 \times 10 \times (20-5) + 700 = 2200 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang bekerja pada empat roda *travelling*:

$$P_{maks} = \frac{G}{4} + \frac{Q+G_0}{2} + \frac{L-e}{L}$$

Dimana:

G = berat gelagar yang direncanakan = 4000 kg

Q + G₀ = Berat beban + berat kait + berat troli = 12047 kg

L = Panjang bentang = 20 meter.

e = Jarak antara sumbu kait pengangkat pada dudukan terujungnya dengan suatu rel yang direncanakan = 5 meter.

Maka:

$$P_{maks} = \frac{4000}{4} + \frac{12047}{2} + \frac{20-5}{5} = 7027 \text{ kg}$$



Perawatan.

Perawatan adalah suatu proses yang dilakukan untuk memperbaiki atau menjaga suatu peralatan agar terhindar dari kerusakan yang dapat menghambat proses pekerjaan.

Pengertian perawatan dibagi menjadi :

1. *Preventive maintenance.*
Preventive maintenance yaitu memelihara suatu peralatan agar terhindar dari kerusakan dan menjaga peralatan selalu dalam keadaan baik.
2. *Break down maintenance.*
Yaitu memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan. Pemeliharaan ini dilakukan sebagai kompensasi dari kegiatan *preventive maintenance* yang kurang berhasil.

Pengoperasian

Beberapa cara untuk mengoperasikan *crane* jalan adalah:

1. Crane jalan harus berjalan melalui fasilitas yang dikhususkan.
2. Sebelum beroperasi sebaiknya dilakukan pengecekan pada crane:
 - a. Semua pengontrol harus dalam posisi netral atau nol
 - b. Tidak ada penghambat atau orang yang mengganggu proses pengangkatan dan berjalannya *trolley* ataupun *grider*.
3. Tidak boleh melakukan pembersihan pada saat crane sedang bekerja.
 - a. Benda yang diangkat harus stabil
 - b. Lakukan pengangkatan dengan perlahan agar tidak terjadi hentakan pada beban.
 - c. Lakukan penurunan beban dengan perlahan, jika beban sudah mendekati lantai kurangi laju penurunan hingga beban mencapai lantai.
4. Dalam pengoperasian operator harus memperhatikan:
5. Operator tidak boleh mengoperasikan crane dalam kondisi sebagai berikut:
6. Operator tidak boleh mengoperasikan *crane* dalam kondisi sebagai berikut:
 - a. Bila terdapat tanda-tanda bahaya yang berada di sekitar tempat kerja.
 - b. Bila ada rintangan atau orang yang berada pada jalur pengerjaan *crane*.
 - c. Bila pemasangan beban yang diangkat tidak aman.
7. Jangan mengangkat beban yang tidak sesuai dengan kapasitas crane itu sendiri.
8. *Crane* harus tetap dipantau saat pengerjaan dan jangan sekali-kali meninggalkan *crane* pada saat pengangkatan maupun pada saat berjalan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Overhead Travelling Crane (OTC) merupakan alat angkat dan angkut yang sangat efisien untuk mengangkat dan memindahkan beban berat secara horizontal pada area kerja yang luas seperti pabrik, gudang atau area produksi. *Overhead Travelling Crane* (OTC) memberikan keuntungan peningkatan produksi, pengurangan resiko kecelakaan kerja, dan efisiensi ruang karena instalasinya diatas permukaan kerja. Dari segi perawatan *overhead travelling crane* memerlukan inspeksi rutin terhadap komponen utama seperti *hoisting*, rel, motor penggerak, dan sistem pengontrol untuk menjamin keselamatan dan kinerja optimal. Penerapan *overhead travelling crane* perlu mempertimbangkan beban maksimum, serta tata letak bangunan agar sistem berjalan efektif dan aman. *Overhead Travelling Crane* yang dirancang adalah *overhead travelling crane* berpalang ganda dengan kapasitas angkat 10 ton, dengan panjang bentang 20 meter dan kecepatan *travelling* 15 m/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bustraan., z., 1980, Daftar-daftar Untuk Konstruksi Baja, Erlangga, Jakarta.
- [2] Rudenko, N., Alih Bahasa Nazar Foad., 1964, *Mesin Pemindah Bahan*, Erlangga, Edisi Kesatu, Jakarta.
- [3] Sularso., Suga, K., 2008, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Edisi Keduabelas Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Wartono., 2023, *Pesawat Angkat I*, Yogyakarta.