

PERANCANGAN ULANG WIRE ROPE PADA SISTEM HOISTING OVERHEAD TRAVELLING CRANE KAPASITAS 55 TON DI AREA CRUSHER PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) Tbk INDONESIA

Riski Dwi Prasetyo^[1], Syafri^[2], Mustafa Akbar^[3]
Laboratorium, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
¹rizkydwiprasetyo9682@gmail.com, ²prie_00m022@yahoo.com, ³akbarmst@yahoo.com

Abstract

Hoisting system on overhead traveling crane capacity of 55 tons in the crusher area of PT. Semen Baturaja is designed for material handling processes, especially if it is needed in the event of equipment disruption or trouble in the area and also during factory shutdown. The main components of the hoisting mechanism consist of wire rope, pulley, drum, hook, lifting motor and mechanical brake. In this design initial data obtained from observations of objects and through discussions with resource persons in the field. Calculations and design up to determine the safe number of all the main components is obtained based on the appropriate literature. In this design the type of wire rope 6 x 41 + 1 Fiber 32 mm diameter is obtained and the estimated life of the wire rope is approximately 1 year with the assumption of 24 hour usage.

Keyword : Overhead travelling crane, hoisting system, wire rope, design

1. Pendahuluan

Didalam dunia industri *crane* memiliki peran yang sangat besar dalam membangun percepatan pembangunan guna meningkatkan efisiensi serta mempermudah dalam kegiatan produksi yang dilakukan oleh manusia. Dan semakin berkembangnya industri maka semakin berkembang pula teknologi *crane* yang digunakan.

PT. Semen Baturaja adalah salah satu perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang terletak di Kota Batu Raja Provinsi Sumatra Selatan Indonesia, bergerak dibidang industri semen yang telah beroperasi selama 43 tahun. Dalam proses *maintenance* yang dilakukan PT. Semen Baturaja menggunakan peralatan pengangkat seperti *crane* dengan berbagai macam bentuk dan ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh PT. Semen Batu Raja adalah adanya *trouble* pada *crane* jenis *overhead travelling crane* kapasitas 55 ton di area *crusher* yaitu salah satunya kondisi *wire rope* yang sudah tidak layak digunakan karena sudah melewati *life time design*, selain itu panjang *wire rope* yang kurang karena pernah dipotong saat terjadi *trouble*. Hal ini mengakibatkan gagalnya proses *handling rotor disc* dengan bobot 50,08 ton yang menjadi komponen utama mesin *limestone crusher* pada bulan september 2018 sebagai persiapan penggantian *rotor disc limestone crusher* pada kegiatan *shutdown* tahun 2019. Agar tidak menghambat saat pekerjaan penggantian *rotor disc* maka PT. Semen Baturaja memutuskan untuk merekondisi *crane* dengan mengganti sistem *hoisting* pada *crane* tersebut.

I Ketut Adi A. (2017) dalam bahan ajarnya menjelaskan bahwa *wire rope* memiliki keunggulan dibanding rantai (*welded chain*) seperti : ringan,

memberi peringatan awal sebelum putus yaitu putusnya beberapa kawat pada pintalan dan operasinya tenang meskipun kecepatan tinggi [1].

Dodi Abrar (2018) telah melakukan penelitian mengenai analisis kapasitas angkat dan gaya-gaya yang bekerja pada lengan *tower crane* jaso tipe J240, dalam penelitian tersebut dilakukan analisa secara statik pada *wire rope* dan diperoleh umur *wire rope* yaitu 19 bulan [2].

Baslim A (dalam Subardi, 2011:3) menjelaskan bahwa tali baja (*wire rope*) memiliki keunggulan lain seperti; daya dukung yang besar, dapat dilengkungkan ke semua arah, bila seluruhnya akan patah maka terlebih dulu hal ini telah terlihat-dari keausan dan patahnya beberapa buah kawat-kawat kecil [5].

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian berupa perancangan ulang *wire rope* yang sesuai standar berdasarkan desain dan struktur dan kondisi lapangan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk untuk mendapatkan perancangan berupa spesifikasi teknis yang dapat memenuhi persyaratan kemampuan *wire rope* pada *overhead travelling crane*.

2. Metodologi

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

2.1 Pengumpulan data penelitian

Data-data penelitian sebagai input awal diperoleh melalui observasi langsung terhadap kondisi lapangan di area *crusher*. Selain itu sebagian data diperoleh melalui diskusi langsung dengan pembimbing lapangan yang bertanggung jawab di area tersebut. Kemudian diperoleh data

berupa kapasitas angkat, tinggi angkat, dan kecepatan angkat *hoisting overhead travelling crane* yang akan direncanakan sebagai berikut:

- Kapasitas angkat (Q) = 55 ton
- Kapasitas angkat total (Q_{tot}) = 55 ton + 10% Q
= 60,5 ton
- Tinggi Angkat (H) = 25 m
- Kecepatan angkat = 0,05 m/s

Crane dapat mengalami beberapa faktor gangguan antara lain *overload*, keadaan dinamis saat operasi dan keadaan statis saat tidak dioperasikan sehingga dalam kapasitas angkat total ditambahkan 10% dari kapasitas angkat yang direncanakan.

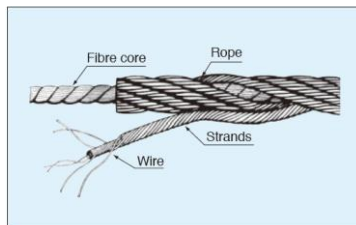
2.2 Proses perancangan *wire rope*

Tahap selanjutnya yaitu dilakukan perancangan *wire rope* berdasarkan data yang diperoleh. Dalam proses perancangan yang dilakukan dihitung dengan rumus (N. Rudenko, 1992) sebagai berikut:

- a. Beban yang ditahan pada masing-masing bagian *wire rope*

Wire rope dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat-serat baja (*steel wire*). Mula-mula beberapa serat (*steel wire*) dipintal hingga jadi satu jalinan (*strand*), kemudian beberapa *strand* dijalin pada suatu inti (*core*) sehingga membentuk tali baja (*steel wire rope*) [3].

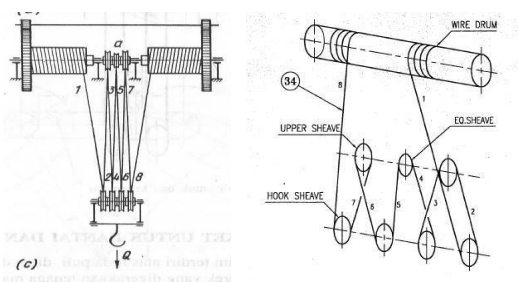
Komponen *wire rope* dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut [6]:



Gambar 1. Kontruksi serat tali baja (Sumber: <http://www.tokyoropeco.jp>)

Dalam perhitungan *wire rope* dimulai dengan menentukan berapa banyak lengkungan tali pada sistem puli. Menurut N. Rudenko (1992), Sistem puli majemuk dengan 8 bagian lengkungan tali dapat mengangkat beban sampai 75 ton [4].

Banyak lengkungan pada sistem puli perancangan ini ditentukan sebanyak 8 bagian (Gambar 2).



Gambar 2. Sistem puli majemuk 8 lengkungan

Berdasarkan Tabel 1 sistem puli 8 lengkungan memiliki nilai efisiensi (η) 0,9 dan efisiensi yang disebabkan oleh kerugian *wire rope* (η) akibat kekakuannya ketika menggulung pada drum diasumsikan sebesar 0,98.

Tabel 1. Efisiensi Puli

Puli Ganda		Efisiensi	
Jumlah Alur	Jumlah Puli Yang Berputar	Gesekan Pada Permukaan Puli (Faktor Resistensi Satu Puli)	Gesekan Angular Pada Permukaan Puli (Faktor Resistensi Satu Puli)
4	2	0,951	0,971
6	4	0,906	0,945
8	6	0,861	0,918
10	8	0,823	0,892
12	10	0,784	0,873

(Sumber: N.Rudenko, 1992:41)

Dengan kapasitas angkat total (Q_{tot}) 60.500 kg maka beban yang akan ditahan pada masing-masing bagian tali baja adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{Q_{tot}}{n \times \eta \times \eta_1}$$

$$S = \frac{60.500 \text{ kg}}{8 \times 0,87 \times 0,98}$$

$$S = 8.869,927 \text{ kg} \approx 8.870 \text{ kg}$$

- b. Beban putus *wire rope* yang sebenarnya

Dalam perhitungan ini terlebih dahulu menentukan faktor keamanan *crane* (Tabel 2). Dalam perancangan ini *crane* digerakkan oleh daya dengan kondisi operasi berat maka ditentukan faktor keamanan (K) sebesar 6.

Tabel 2. Harga minimum faktor K dan e_1 yang diizinkan

Tipe alat pengangkat	Penggerak	Kondisi operasi	Faktor K	Faktor e_1
I. Lokomotif, caterpillar-mounted, traktor dan truk yang memiliki crane pilar (termasuk excavator digunakan sebagai crane dan pengangkat mekanik pada daerah konstruksi dan pekerjaan berkala)	Tangan	Ringan	4	16
	Daya	Ringan	5	16
	Daya	Medium	5,5	18
	Daya	Berat dan sangat berat	6	20
II. Semua tipe lain dari crane dan pengangkat mekanis	Tangan	Ringan	4,5	18
	Daya	Ringan	5	20
	Daya	Medium	5,5	25
	Daya	Berat dan sangat berat	6	30
III. Derek yang dioperasikan dengan tangan dengan kapasitas beban terangkat diatas 1 ton yang digandeng pada	—	—	4	12

berbagai peralatan otomotif (mobil, truk, dan lain-lain)				
IV. Pengangkat dengan troll	—	—	5,5	20
V. Penjepit mekanis (kecuali untuk puli pada grabs) untuk mengangkat mekanis pada no I			5	20

(Sumber: N.Rudenko, 1992:42)

Beban putus *wire rope* yang sebenarnya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = S \times K$$

$$P = 8.870 \text{ kg} \times 6$$

$$P = 53.220 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka *wire rope* yang dipilih menurut standar *United Rope Works* (Tabel 3) adalah 6 x 41 + 1 *Fibre Core* dengan diameter tali baja 32 mm, karena *wire rope* tersebut memiliki beban patah yang lebih besar dari pada beban putus yang sebenarnya yaitu 53.500 kg > 53.220 kg.

Tabel 3. Karakteristik *wire rope* 6 x 41 *Fibre Core*

Diameter tali (mm)	Berat per meter (kg)	Beban patah aktual (kg)		
		140/158 (kg/mm ²)	160/179 (kg/mm ²)	180/199 (kg/mm ²)
12.4	0.540	6900	7900	8800
13.4	0.660	8100	9200	10300
14.4	0.770	9000	10800	12100
15.4	0.860	11100	12600	14100
16.5	1.010	12500	14200	15800
17.5	1.120	13900	15900	17700
18.5	1.270	15800	18000	20200
19.6	1.400	17500	19900	22300
20.6	1.570	19400	22100	24700
21.6	1.740	21800	24800	27800
23.7	2.080	26200	29800	33400
25.8	2.430	30500	34700	38900
27.8	2.810	35500	40400	45200
29.9	3.240	41000	46700	52300
32.0	3.710	47000	53500	59900
34.0	4.150	52700	60000	67200
36.0	4.710	59900	68200	76300
38.1	5.220	66500	75700	84800
40.2	5.820	73900	84100	94200

c. Beban yang diizinkan pada masing-masing bagian *wire rope*

Berdasarkan Tabel 3, tali baja 6 x 41 x 1 *Fibre Core* memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Beban Patah (P_b) = 53.500 kg
- Tegangan patah (σ_b) = 160 kg/mm²
- Berat tali (W) = 3,71 kg/m
- Diameter tali (d) = 32 mm
- Jumlah *strand* = 6
- Jumlah kawat/*strand* = 41

Dengan parameter tersebut serta menggunakan faktor keamanan *crane* sebesar 6 maka dapat diperoleh beban yang diizinkan pada masing-masing bagian *wire rope* sebagai berikut:

$$S_{izin} = \frac{P_b}{K}$$

$$S_{izin} = \frac{53.500 \text{ kg}}{6}$$

$$S_{izin} = 8.916,666 \text{ kg}$$

d. Tegangan pada tali baja yang diizinkan

Berdasarkan Tabel 3. tegangan patah pada *wire rope* yang dipilih sebesar 160 kg/mm². Dengan faktor keamanan *crane* 6 maka dapat diperoleh tegangan pada tali baja yang diizinkan sebagai berikut:

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_b}{K}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{160 \text{ kg/mm}^2}{6}$$

$$\sigma_{izin} = 20,66 \text{ kg/mm}^2$$

e. Luas penampang *wire rope*

Dalam menentukan luas penampang *wire rope* terlebih dahulu menentukan perbandingan diameter puli dan diameter *wire rope* berdasarkan Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan diameter puli dan diameter *wire rope* terhadap lengkungan

Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{min}}{d}$
1	16	5	26,5	9	32	13	36
2	20	6	28	10	33	14	37
3	23	7	30	11	34	15	37,5
4	25	8	31	12	35	16	38

(Sumber : N.Redunko, 1992:38)

Berdasarkan tabel diatas dengan 8 jumlah lengkungan maka perbandingan diameter puli dan diameter *wire rope* adalah 31, maka dapat diperoleh luas penampang *wire rope* sebagai berikut:

$$F_{(246)} = \left(\frac{S}{\left(\frac{\sigma_b}{K} \cdot \frac{d}{D_{min}} \times \frac{E \cdot l}{(1,5 \times \sqrt{l})} \right)} \right)$$

$$F_{(246)} = \left(\frac{8.870 \text{ kg}}{\left(\frac{160 \text{ kg/mm}^2}{6} \cdot \frac{1}{31} \times \frac{8.000 \text{ kg/mm}^2}{(1,5 \times \sqrt{246})} \right)} \right)$$

$$F_{(246)} = 565,06 \text{ mm}^2 \approx 565 \text{ mm}^2$$

f. Tegangan tarik pada *wire rope*

Berdasarkan parameter yang telah diperoleh maka dapat diperoleh tegangan tarik pada *wire rope* sebagai berikut:

$$\sigma_{tali} = \frac{S}{F}$$

$$\sigma_{tali} = \frac{8.870 \text{ kg}}{565 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{tali} = 15,699 \text{ kg/mm}^2 \approx 15,7 \text{ kg/mm}^2$$

Dari perhitungan dapat di nyatakan bahwa perancangan aman untuk digunakan karena beban yang ditahan pada masing-masing bagian *wire rope* yang direncanakan (S) lebih kecil dari beban yang di izinkan pada masing-masing bagian *wire rope* (S_{izin}) yaitu $8.870 \text{ kg} < 8.916,666 \text{ kg}$ dan tegangan tarik pada *wire rope* yang di rencanakan lebih kecil dari tegangan tarik yang di izinkan yaitu $15,7 \text{ kg/mm}^2 < 20,66 \text{ kg/mm}^2$.

g. Gaya tarik maksimum

Berdasarkan parameter yang diperoleh maka nilai gaya tarik maksimum pada *wire rope* adalah sebagai berikut:

$$S' = \frac{P}{K}$$

$$S' = \frac{53.220 \text{ kg}}{6}$$

$$S' = 8.870 \text{ kg}$$

h. Faktor keausan *wire rope*

Adapun nilai faktor keausan *wire rope* adalah sebagai berikut:

$$m = \left(\frac{\left(\frac{D_{min}}{d} \right)}{\sigma_{tali} \times C \times C_1 \times C_2} \right)$$

$$m = \left(\frac{31}{15,7 \text{ kg/mm}^2 \times 0,89 \times 1,04 \times 1} \right)$$

$$m = 2,133 \text{ kg/mm}^2$$

i. Umur *wire rope*

Untuk menghitung umur *wire rope* terlebih dahulu menentukan nilai z_1 (Tabel 5) berdasarkan faktor keausan tali baja yang telah di hitung sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai z berdasarkan faktor keausan *wire rope*

z dalam ribuan	30	50	70	90	110	130
m	0,26	0,41	0,56	0,70	0,83	0,95
z dalam ribuan	170	190	210	230	255	280
m	1,18	1,29	1,40	1,50	1,62	1,74
z dalam ribuan	370	340	450	500	550	600
m	2,12	2,27	2,42	2,60	2,77	2,94

(Sumber : N.Redunko, 1992:38)

Karena nilai faktor m adalah 2,133 dan tidak ada di tabel maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai yang sesungguhnya sebagai berikut:

$$z = \left[\frac{m - m_1}{m_1 - m_2} \right] \times (z_2 - z_1) + z_1$$

$$z = \left[\frac{2,13 - 2,12}{2,12 - 2,27} \right] \times (340.000 - 370.000) + 370.000$$

$$z = 372.000$$

Tabel 6. Harga faktor a, z, β

Kondisi pengoperasian mesin pengangkat		Operasi harian, jam	Hari kerja /bulan	Jumlah siklus kerja perhari	a	Mode suspensi beban		Tinggi beban diangkat pada jumlah lengkungan		
Digerakkan tangan		8	25	16	400	Suspensi sederhana		2	-	0,7
Digerakkan daya	Peralatan ringan	8	25	40	1.000	Suspensi dengan satu bebas puli		4	2	0,5
	Peralatan medium	16	25	136	3.400	Beberapa puki dengan rasio	2 x 2	3	2	0,4
							2 x 2	5	3	0,3
							2 x 4	7	4	0,25
	Peralatan berat dan sangat berat	24	30	320	9.600		2 x 5	9	5	0,2

(Sumber : N.Redunko, 1992:47)

Maka diperoleh nilai z sebesar 372.000, dan dari Tabel 6 siklus kerja rata-rata per bulan diperoleh a (9.600), mode suspensi beban diperoleh $Z_2(3)$, dengan faktor perubahan daya tahan tali baja β (0,4). Sementara nilai φ (2,5) sehingga dapat diperoleh umur *wire rope* sebagai berikut:

$$N = \frac{z}{a \times Z_1 \times \beta \times \varphi}$$

$$N = \frac{372.000}{9.600 \times 3 \times 0,4 \times 2,5}$$

$$N = 12,916 \text{ bulan}$$

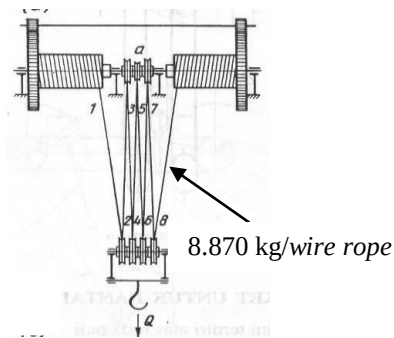
$$N = 1 \text{ tahun}$$

3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan perhitungan *wire rope* pada *hoisting overhead travelling crane* yang telah dilakukan maka diperoleh spesifikasi *wire rope* sebagai berikut:

- Jenis *wire rope* : 6 x 41 + 1 Fibre Core standar JIS G3525
- Diameter : 32 mm
- Berat *wire rope* : 3,710 kg/m
- Beban/*wire rope* : 8.870 kg
- Beban izin/*wire rope* : 8.916,666 kg
- Umur *wire rope* : 12,916 bulan

Berdasarkan perhitungan di peroleh beban yang di tahan oleh masing-masing *wire rope* adalah 8.870 kg (ilustrasi Gambar 3).



Gambar 3. Beban yang ditahan masing-masing wire rope

Nilai ini sangat di pengaruhi oleh jumlah sistem lengkungan yang digunakan (n), serta kapasitas angkat total yang di rencanakan (Q_{tot}), sementara beban yang diizinkan pada masing-masing wire rope yang diperoleh adalah 8.916,666 kg, maka wire rope yang di rancang dapat dinyatakan aman.

Berdasarkan perhitungan diperoleh umur wire rope yaitu 12,916 bulan ≈ 1 tahun dengan asumsi pengoperasian crane selama 24 jam. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah lengkungan, faktor konstruksi tali baja, faktor operasi, faktor keausan wire rope dan siklus kerja rata-rata per bulan dimana crane ini di kategorikan sebagai peralatan berat dan sangat berat (Tabel 6) serta material dari wire rope tersebut. Umur wire rope dapat di perpanjang dengan melakukan perawatan wire rope secara rutin serta tidak memaksakan penggunaan crane di atas batas beban yang di izinkan.

Berdasarkan perhitungan wire rope diperoleh diameter wire rope yaitu 32 mm, sementara wire rope yang sudah terpasang saat ini memiliki diameter 20 mm (Gambar 4). Perubahan besar diameter ini terjadi karena terdapat penambahan kapasitas angkat total sebesar 10 % dari kapasitas angkat yang direncanakan, hal ini dilakukan karena crane dapat mengalami beberapa faktor gangguan seperti *overload*, keadaan dinamis saat operasi dan keadaan statis saat tidak dioperasikan.



Gambar 4. Pengukuran diameter wire rope

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan pada sistem *hoisting overhead travelling crane* dapat disimpulkan bahwa wire rope yang digunakan adalah wire rope 6 x 41 x 1 Fibre Core standar JIS G3525 dengan diameter 32 mm, berat 32 kg/m serta memiliki 1 inti core, 6 untai tali dengan masing-masing untai memiliki 41 kawat baja. Estimasi umur wire rope aman digunakan kurang lebih selama 9.428 jam dengan estimasi pemakaian selama 24 jam.

5. Daftar Pustaka

- [1] Atmika, I Ketut Adi, 2017, "*Bahan Ajar Pesawat Pengangkat Dan Alat Berat*", Universitas Udayana, Bali
- [2] Abrar D., 2018, "*Analisis Kapasitas Angkat Dan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Lengan Tower Crane Jaso Tipe J240*", Skripsi Universitas Riau
- [3] Muin, Syamsir, A., 1990, "*Pesawat-Pesawat Pengangkat Edisi Pertama*", Jakarta, Rajawali Press.
- [4] Rudenko, N., 1992, "*Mesin Pemindah Bahan*", Jakarta, Erlangga.
- [5] Subardi, 2011, "*Perancangan Wire Rope Gantry Crane*", Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta, Vol.11 No.2.
- [6] Tokyo Rope, 2014, *Wire Rope*, Japan, Vol.5. (Katalog) <http://Tokyo Rope Mfg. Co., Ltd.> diakses tanggal 11 Desember 2018.