

ANALISIS KEKUATAN TALI BAJA PADA TOWER CRANE BERKAPASITAS 300 KGSandi Mawardi ^{1*)}, Dwi Yuliaji¹⁾¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: mawardisandi@gmail.com

ABSTRAK

Tali baja merupakan komponen utama pada sistem pesawat pengangkat khususnya *tower crane*. Tali baja memiliki desain serta kekuatan yang berbeda-beda tergantung kebutuhan dalam penggunaannya. Konstruksi tali baja yang umum digunakan pada *tower crane* adalah jenis 6x19, yang artinya tali baja memiliki 6 pintalan *strands* dan pada setiap *strands* terdapat 19 untai kawat yang memintal. Tali baja yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis 6x19 dengan diameter 10 mm. Berdasarkan BSN SNI 0078:2008, tali baja yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan patah (σ_b) = 6620 kg/cm², beban patah (P_b) = 180 kg/mm², dan berat tali = 0,430 kg/m. Analisa tali baja dilakukan dengan variasi pembebanan yang berbeda yaitu 300, 400, dan 500 kg. Analisa ini bertujuan untuk memperoleh kelayakan tali baja yang akan digunakan pada *tower crane* yang akan dirancang, meliputi nilai tegangan yang terjadi ketika tali diberi beban, diameter tali baja, regangan tali baja yang terjadi selama pemakaian, dan Umur pakai tali baja sebelum tali baja tersebut rusak. Dari hasil analisa disimpulkan bahwa tali baja aman digunakan pada *tower crane*.

Kata kunci : mesin pengangkat; tower crane; tali baja; umur tali baja.

ABSTRACT

Steel rope, especially the tower crane, is the main component in the lifting aircraft system. Steel ropes have different designs and strengths depending on their user needs. The steel rope construction commonly used in tower cranes is of the 6x19 type, which means that the steel rope has six spun strands, and there are 19 spun wire strands in each strand. The steel rope used in this study was of the 6x19 type with a diameter of 10 mm. Based on BSN SNI 0078:2008, the steel rope used has a specification of fracture stress (σ_b) = 6620 kg/cm², fracture load (P_b) = 180 kg/mm², and rope weight = 0.430 kg/m. Steel rope analysis was carried out with different loading variations of 300, 400, and 500 kg. This analysis aims to obtain the feasibility of the steel rope to be used on the tower crane to be designed, including the stress value that occurs when the rope is loaded, the diameter of the steel rope, the strain of the steel rope that occurs during use, and the service life of the steel rope before the steel rope is damaged. The analysis results concluded that the steel rope is safe to use on tower cranes.

Keywords : lifting machine; steel rope; steel rope age; tower crane.

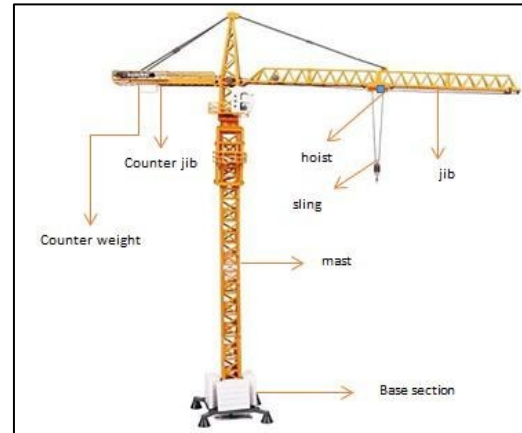
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang dan sekarang ini sedang menggalakkan pembangunan di segala bidang. Pada kegiatan proyek pembangunan, alat berat mempunyai peranan penting dalam proses pembangunan untuk efisiensi tenaga dan waktu. Salah satu alat berat yang sering digunakan pada proyek pembangunan adalah *tower crane*. Dalam pembangunan gedung bertingkat, *tower crane* ini sangat penting untuk memudahkan mobilisasi alat dan material proyek ke tempat yang lebih tinggi.

Pada saat dilakukan penelitian ini, Universitas Ibn Khaldun Bogor sedang melakukan pembangunan Masjid Al Hijri II dengan spesifikasi bangunan yang memiliki 3 lantai dan 1 lantai dasar. Pada proyek ini, proses pengangkatan material dan alat bantu proyek masih menggunakan tenaga manusia. Oleh karena itu di perlukan sebuah *tower crane* untuk menunjang kegiatan pembangunan masjid ini. Faktor kegagalan alat dapat merusak muatan material atau bahkan mengancam jiwa pekerja itu sendiri. Mengingat akan bahaya yang timbul akibat dari kegagalan alat dalam proses pengangkatan material, diperlukan perancangan yang matang dari segi design serta analisa kekuatan

masing-masing komponen *tower crane*. Salah satu komponen pokok dari alat ini adalah tali baja, dimana tali baja ini berperan dalam menahan langsung beban yang menggantung.

Tali baja ini memiliki banyak jenis dan spesifikasi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Oleh karena perlu dilakukan analisa terhadap tali baja yang akan digunakan pada *tower crane* yang akan dirancang guna menjamin keselamatan para pekerja. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh nilai tegangan dan regangan pada tali ketika diberi beban, memperoleh diameter dari tali baja yang akan digunakan, serta memperoleh analisa umur dari tali baja sehingga dapat diketahui waktu untuk dilakukan pergantian tali sebelum tali baja tersebut rusak.



Gambar 1. *Tower crane*

Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan merupakan salah satu peralatan mesin yang digunakan untuk memindahkan muatan dari lokasi pabrik, lokasi konstruksi, lokasi industri, tempat penyimpanan pembongkaran muatan, dan sebagainya (N. Rudenko, 1996).

Mesin pemindah bahan dalam operasinya dapat diklasifikasikan atas pesawat pengangkut dan pesawat pengangkat. Pesawat pengangkut dapat memindahkan muatan dalam jarak yang relatif jauh seperti pada *conveyor*. Sedangkan pesawat pengangkat dimaksudkan untuk keperluan mengangkat dan memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan jangkauan yang relatif terbatas seperti *crane*, *elevator* dan *escalator*.

Tower Crane

Tower crane merupakan pesawat pengangkat material/mesin yang biasa digunakan pada proyek konstruksi dan di gedung-gedung pencakar langit. Menurut Rostiyanti (2002), *tower crane* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengangkat barang ataupun material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak terbatas.

Komponen utama dari *tower crane* adalah sebagai berikut:

1. *Base Section*
2. *Mast*
3. *Jib* atau *Boom* (lengan)
4. *Counter Jib* dan *Counter Weight*
5. *Hoist*, *Trolley* dan *Sling* (tali kawat baja)

Electric Wire Rope Hoist

Hoist adalah sebuah alat pengangkat yang digunakan untuk mengangkat atau menurunkan beban yang ditanggihkan (terarah dengan tujuan penggunaan untuk memudahkan penanganan jenis muatan tertentu. Total beban yang diangkat ditumpangkan pada pengait (*hook*). Setiap *hoist* memiliki kapasitas pengangkatan, kecepatan angkat, dan batas ketinggian yang berbeda-beda, tergantung pada kebutuhan.

Hoist memiliki beberapa komponen utama, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Electric hoist*: pengatur gerakan *hoist* dengan menggunakan sumber daya listrik.
2. Motor listrik: penggerak *hoist* dan *crane* dengan memanfaatkan sistem kerja *electric hoist*.
3. Rantai *hoist* manual: pemutar dan penarik sebuah katrol pada *hoist*.
4. Rem motor: menahan atau menghentikan laju motor penggerak ketika sebuah sistem pengangkat sedang berjalan.
5. Drum : tempat untuk lilitan kawat baja atau tali.
6. Rem drum : bagian dari sistem drum yang berfungsi menahan laju drum.
7. Tali kawat baja: mengangkat muatan atau beban pada kapasitas tertentu.
8. Pengarah tali: untuk mengatur atau mengarahkan gerak tali kawat baja.

Tali baja

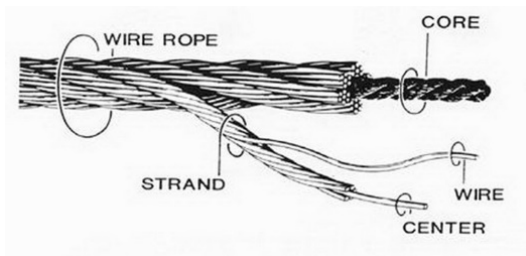
Tali baja (Gambar 2) adalah tali yang dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat-serat baja berfungsi sebagai penarik beban yang fleksibel dan kuat dalam menahan beban. Tali baja digunakan secara luas pada mesin-mesin pengangkat, dibandingkan dengan rantai, tali baja memiliki keunggulan sebagai berikut :

1. Lebih ringan
2. Lebih tahan terhadap sentakan
3. Operasi yang tenang walaupun pada kecepatan operasi tinggi
4. Keandalan operasi yang tinggi
- 5.

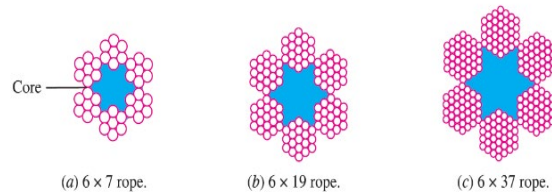


Gambar 2. Tali baja

Tali baja terbuat dari kawat baja dengan kekuatan 130 hingga 200 kg/mm². Di dalam proses pembuatannya, kawat baja diberi perlakuan panas tertentu dan digabung dengan penarikan dingin, sehingga menghasilkan sifat mekanis kawat baja yang tinggi. (N. Rudenko, 1996). Tali baja diproduksi menggunakan mesin khusus. Pertama-tama, kawat sebanyak 7, 19, atau 37 dipelintir menjadi sejumlah untai (*strand*). Lalu, *Strand* sebanyak 6 atau 8 dipuntir terhadap inti (*core*) sehingga menjadi satu untai tali baja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 (Khurmi R, S. & Gupta J.K, 2005).



Gambar 3. Konstruksi tali baja

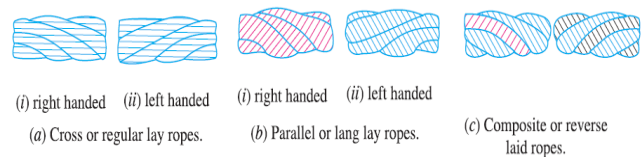


Gambar 4. Gambar potongan tali baja

Jenis Dan Klasifikasi Tali Baja

Berdasarkan konstruksinya, tali baja dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

1. Tali silang atau tali biasa
 Pada jenis tali ini, arah puntir tali pada *strand* berlawanan dengan arah puntir, seperti ditunjukkan pada Gambar 5(a). Jenis tali ini yang paling banyak di jumpai di pasaran.
2. Tali Paralel (*Lang lay*)
 Pada jenis tali ini, kawat (*wire*) dan *strand* dipintal dalam arah yang sama atau sering disebut *Pararel Lay*. Seperti yang ditunjukkan pada Ggambar 5 (b). Tali ini memiliki permukaan bantalan yang lebih baik tetapi lebih sulit untuk disambung dan dililit.
3. *Composite* atau *reverse laid rope*
 Pada jenis tali ini, *strand* terbagi dalam dua bagian dengan arah jalinan yang berlawanan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5(c).



Gambar 5. Jenis tali baja

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah analisa secara matematis dengan 3 variasi pembebanan yaitu, 300, 400, dan 500 kg untuk menguji kelayakan dari tali baja yang digunakan pada *tower crane* dan pengaruh dari ketiga variasi pembebanan ini.

Analisa Kekuatan Tali Baja

1. Perhitungan tegangan tali baja

Tegangan tali yang sebenarnya ketika tali di berikan beban dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{S}{F} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:
 σ = Tegangan tali yang sebenarnya (kg/cm²)
 S = Tegangan aktual tali baja (kg)
 F = Luas penampang tali baja (cm²)
 Nilai Tegangan aktual tali baja (S) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S = \frac{Q}{n \cdot \eta \cdot \eta_1} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:
 Q = berat muatan yang diangkat (kg)
 n = jumlah puli
 η = efisiensi puli (lit. 4, tabel 8)
 η_1 = efisiensi yang disebabkan kerugian tali akibat kekakuannya ketika menggulung pada drum yang diasumsikan sebesar 0.98.

Nilai luas penampang tali baja (F) dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$F_{114} = \frac{S}{\frac{\sigma_b \cdot d}{K \cdot D_{min}} \cdot 50.000} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:
 σ_b = Kekuatan putus tali baja (kg/cm²)
 K = Faktor keamanan tali
 $\frac{d}{D_{min}}$ = Faktor lengkungan (lit 4, tabel 7)

2. Perhitungan diameter tali baja

Menurut Khurmi R. S., & Gupta J. K., diameter tali baja dapat ditentukan dengan persamaan kekuatan tarik berdasarkan tipe dari tali baja, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dengan beban yang akan dirancang.

Tabel 1. Sifat tali baja untuk *cranes* dan *excavator* (Khurmi R. S. & Gupta J. K. (2005))

Tipe Tali Baja	Diameter (mm)	Berat Rata-Rata (N/m)	Kekuatan Tarik (N)	
			Kekuatan tarik tali baja	
			1600-1750 MPa	1750-1900 MPa
6 x 19	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 24, 26, 28, 32, 36, 38, 40	0,0375 d ²	540 d ²	590 d ²
6 x 37	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 24, 26, 28, 32, 36, 38, 40, 44, 48, 52, 56	0,038 d ²	510 d ²	550 d ²

3. Perhitungan regangan tali baja

Untuk nilai regangan tali didapatkan dari persamaan berikut:

$$\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{\sigma_b}{E} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:
 $\Delta \ell$ = Kemuluran absolut (mm)
 ℓ_0 = Panjang awal tali (mm)
 σ_b = Tegangan tali (kg)
 E = Modulus elastisitas

4. Perhitungan umur tali baja

Sebelum menentukan umur dari suatu tali baja, terlebih dahulu menentukan faktor m yaitu faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan berulang, adapun matematis persamaan yang digunakan dapat dituliskan :

$$m = \frac{D_{min}}{\sigma C C_1 C_2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- D_{min} = diameter drum atau puli (mm)
- d = diameter tali (mm)
- σ = tegangan tarik sebenarnya pada tali (kg/mm²)
- C = faktor konstruksi tali baja (lit 4, tabel 12)
- C_1 = faktor diameter tali baja (lit 4, tabel 13)
- C_2 = faktor bahan tali baja (lit 4, tabel 14)
- m = faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan berulang dari tali selama periode keausannya sampai tali tersebut rusak

Setelah faktor m diketahui, langkah selanjutnya adalah mencari nilai z yaitu jumlah lengkungan berulang yang diperbolehkan dengan melihat pada tabel 11 lit 4. Setelah mendapatkan nilai z maka umur tali baja dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{z}{az_2\beta\varphi} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

- a = jumlah siklus kerja rata-rata per bulan (lihat tabel 2.11)
- z_2 = jumlah lengkungan berulang per siklus kerja (lihat tabel 2.11)
- N = umur tali dalam bulan
- β = faktor pembebanan (lihat tabel 2.11)
- φ = konstanta = 2,5

Analisa tali baja ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur untuk mengetahui jenis tali baja yang biasa digunakan pada *tower crane*.
2. Menentukan variasi beban yang untuk dilakukan analisa serta mendapatkan perbandingan nilai dari beberapa variasi beban.
3. Menghitung tegangan aktual yang terjadi pada tali baja dengan menggunakan persamaan (2).
4. Menentukan nilai luas penampang berguna dari tali baja dengan menggunakan persamaan (3).

5. Mencari nilai tegangan tali yang sebenarnya dengan menggunakan persamaan (1).
6. Mencari nilai diameter tali baja yang aman digunakan pada *tower crane* dengan berdasarkan tabel 1.
7. Menghitung regangan yang terjadi pada tali dengan menggunakan persamaan (4).
8. Menentukan faktor yang bergantung pada jumlah lengkungan (m) dengan persamaan (5).
9. Menghitung umur tali baja dengan persamaan (6).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi *Hoist* Dan Tali Baja

Tower crane yang akan dirancang menggunakan *electric wire hoist* merk dengan kapasitas 1 ton, pemilihan hoist ini dikarenakan memperhitungan faktor keselamatan yaitu 3 kali dari kapasitas maksimal. Menurut katalog produk *hoist* tipe RC dengan kapasitas 1 ton, diameter tali baja yang digunakan adalah 10 mm dan diameter minimum drum adalah 105 mm. Berdasarkan SNI 0076:2008, tali baja dengan tipe 6 x 19 IWRC memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tali Baja 6 x 19 IWRC	
Diameter	= 10 mm
Berat tali	= 0,430 kg/m
Beban patah (P_b)	= 180 kg/mm ²
Tegangan patah (σ_b)	= 6620 kg/cm ²

Rekapitulasi Perhitungan

Dari hasil analisa yang dilakukan, maka hasil dari analisa dapat dituangkan dalam bentuk tabel sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat terlihat nilai tegangan yang terjadi pada tali baja naik seiring dengan naiknya beban yang diterima tali baja. Pada analisa tegangan ini tali baja dapat disimpulkan aman digunakan pada *tower crane* karena tegangan yang terjadi pada tali baja lebih kecil dari tegangan patah tali baja yang digunakan yaitu sebesar 6620 kg/cm². Pada variasi beban 300 kg, tegangan yang terjadi adalah sebesar 1097,2 kg/cm², pada beban 400 kg tegangan yang terjadi sebesar 1106,12 kg/cm², dan pada beban yang terjadi pada variasi beban 500 kg

sebesar 1111,54 kg/cm². Tali baja yang digunakan aman untuk menahan beban yang akan diterima *tower crane* dikarenakan tegangan yang terjadi pada tali baja dengan ketiga variasi pembebanan

lebih kecil dari tegangan patah bahan tali baja yang digunakan yaitu sebesar 6620 kg/cm².

Tabel 2. Rekapitulasi hasil perhitungan

No.	Beban	Tegangan tali (kg/cm ²)	Diameter tali (mm)	Regangan tali (mm/tahun)	Umur tali (tahun)
1	300 kg	1097,2	5	4,38	4,8
2	400 kg	1106,12	6	4,42	4,7
3	500 kg	1111,54	7	4,44	4,6

Pada analisa diameter tali baja, tali baja dari hasil analisa untuk pembebanan 300 kg cukup dengan menggunakan diameter tali baja ukuran 5 mm, untuk pembebanan 400 kg cukup menggunakan diameter tali baja ukuran 6 mm, dan pada pembebanan 500 kg cukup menggunakan diameter tali baja ukuran 7 mm. Hal ini mengisyaratkan tali baja yang digunakan aman dipakai pada *tower crane* karena diameter tali baja lebih besar dari diameter yang didapatkan dari hasil analisa.

Dari hasil analisa umur tali baja, pada pembebanan 300 kg didapatkan umur pakai selama 4 tahun 10 bulan, pada analisa pembebanan 400 kg didapatkan umur tali baja selama 4 tahun 9 bulan, dan pada analisa pembebanan 500 kg didapatkan umur tali baja selama 4 tahun 8 bulan. Hal ini terlihat beban yang diterima oleh tali baja dapat mempengaruhi umur dari tali baja itu sendiri. Pada *tower crane* ini dengan menggunakan tali baja jenis 6x19 dan diameter 10 mm dapat digunakan selama 4 tahun, dan setelah 4 tahun, tali baja lebih baik diganti dengan yang baru agar kualitas serta faktor keamanan dari *tower crane* tetap terjaga.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa kekuatan tali baja jenis 6x19 IWRC pada *tower crane* dengan variasi pembebanan 300 kg, 400 kg, dan 500 kg dapat ditarik kesimpulan

bahwa kapasitas *electric wire rope hoist* yang digunakan adalah 1 ton dengan mempertimbangkan faktor keselamatan yaitu 3 kali dari kapasitas maksimal *tower crane*. Pada analisa tegangan tali baja, dari ketiga variasi pembebanan tali baja dengan jenis 6x19 dan diameter 10 mm aman digunakan pada karena tegangan yang terjadi pada variasi beban 300, 400, dan 500 kg masih lebih kecil dari tegangan patah bahan tali baja yaitu sebesar 6620 kg/cm². Diameter tali baja yang digunakan pada *tower crane* sudah cukup baik, dikarenakan pada analisa diameter tali baja yang di dapatkan cukup dengan ukuran diameter yang lebih kecil dari tali baja yang digunakan.

Pada analisa regangan tali baja, regangan tali baja yang terjadi rata-rata sebesar 4,4 mm per tahun. Dan dalam pemakaian 4 tahun regangan yang terjadi hanya sekitar 17,6 mm. Dan pada analisa umur pakai tali baja, terlihat bahwa besarnya beban yang terima oleh tali baj dapat mempengaruhi umur dari tali baja, semakin besar beban yang diterima maka tali baja akan semakin cepat rusak. Kemudian dari ketiga variasi beban menunjukkan umur dari tali baja jenis 6x19 dan diameter 10 mm dapat diambil rata-rata umur tali baja selama 4 tahun 7 bulan dengan asumsi pemakaian alat 8 jam per hari dan 25 hari kerja per bulan.

Saran

Dalam penelitian ini tegangan yang di analisa hanya tegangan aktual yaitu ketika tali baja diberi beban. Pada penelitian berikutnya diharapkan

dapat memperhitungkan tegangan tekuk yang terjadi ketika tali baja menggulung pada drum, tegangan ketika tali baja mulai mengangkat beban dan berhenti, dan tegangan ketika terjadi perubahan kecepatan angkat apabila motor memiliki beberapa opsi kecepatan.

Tower crane ini diharapkan mendapatkan perawatan berkala pada setiap komponennya, khususnya tali baja agar di lakukan pemeriksaan berkala serta penggantian tali baja sebelum 4 tahun 7 bulan pemakaian agar kualitas serta keselamatan selalu terjaga.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 0078:2008 Tali Kawat Baja. 0078.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Text Book of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Rostiyanti, S. F. (2002). *Alat berat untuk proyek konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Rudenko, N. (1996). *Mesin Pengangkat*. Jakarta: Erlangga.
- Taiwan Winch Industrial Co., Ltd. (N.D.). *Electric Hoist Catalogue*.