

# PERANCANGAN *WIRE ROPE GANTRY CRANE*

Subardi<sup>\*)</sup>

## ABSTRAK

*Crane* pelabuhan/*gantry crane* adalah jenis pesawat pengangkat dengan alat angkut untuk memindahkan barang dalam jumlah tertentu dilakukan setelah beban diangkat terlebih dahulu. Sistem pengangkat utama pada *crane gantry* adalah mekanisme yang mengubah daya dan putaran motor listrik menjadi gaya linier dari pengait, melalui sistem transmisi gaya agar diperoleh putaran yang diinginkan. Mekanisme pengangkat utama meliputi; sistem penjepit peti kemas (*spreader*), tromol, *pully (sheave)*, motor penggerak, sistem transmisi, sistem pengereman, dan kabel (*wire rope*). Sistem pengangkat ini menggunakan kabel baja (*wire rope*) yang salah satu ujungnya dijepitkan dan digulung pada drum, sedang ujung lainnya dipasang pada frame. *Crane* yang bekerja pada lingkungan yang kering menggunakan tali yang terbuat dari kawat yang cerah (tak berlapis). Tali yang akan digunakan pada tempat yang lembab harus digalvanisir (berlapis-seng) untuk melindungi tali terhadap korosi. Perancangan sistem pengangkat dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kemampuan *wire rope gantry crane*.

**Kata Kunci :** Perancangan, *Gantry Crane*, *Wire Rope*, Pemilihan Material

## PENDAHULUAN

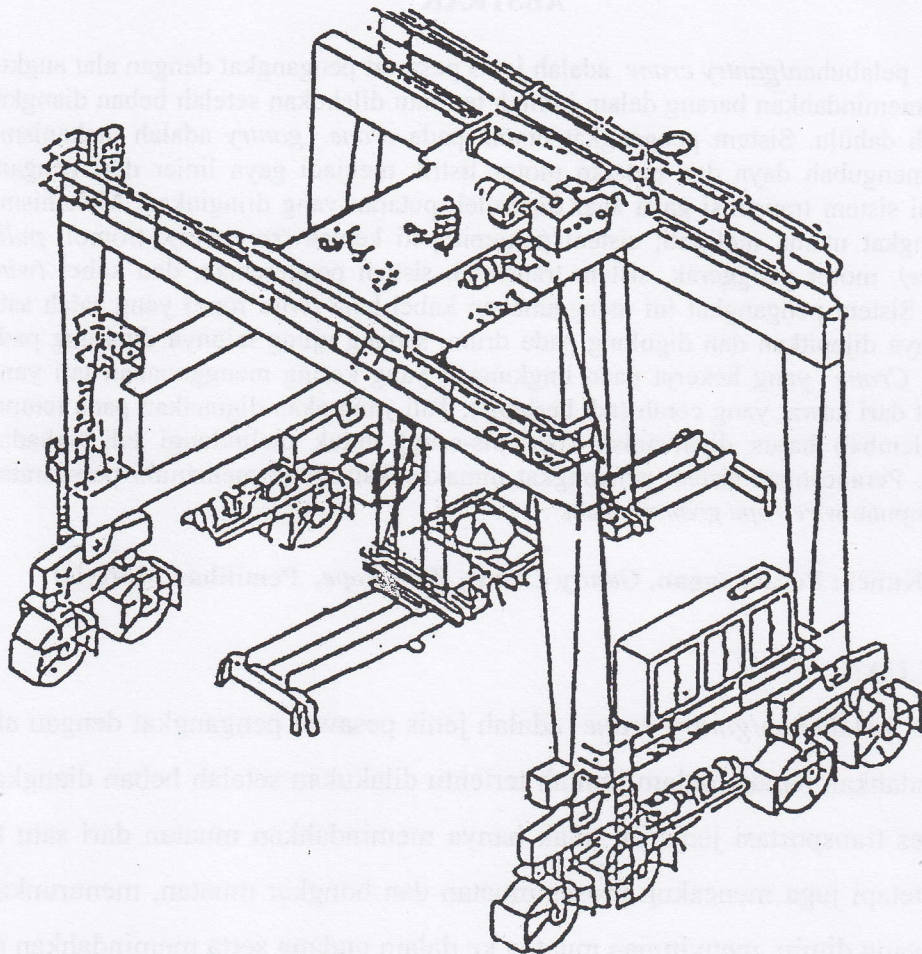
*Crane* pelabuhan/*gantry crane* adalah jenis pesawat pengangkat dengan alat angkut untuk memindahkan barang dalam jumlah tertentu dilakukan setelah beban diangkat terlebih dahulu. Proses transportasi jenis ini tidak hanya memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain, tetapi juga mencakup proses muatan dan bongkar muatan, menurunkan muatan pada tempat yang dituju, menyimpan muatan ke dalam gudang serta memindahkan muatan ke peralatan pemroses. Untuk operasi muat dan bongkar tertentu mekanisme penanganan bahan dilengkapi dengan alat pencekam khusus dalam setiap usaha industri modern. *Gantry crane* dapat dilihat pada Gambar 1.

Sistem pengangkat utama pada *crane gantry* adalah mekanisme yang mengubah daya dan putaran motor listrik menjadi gaya linier dari pengait, melalui sistem transmisi gaya agar diperoleh putaran yang diinginkan. Mekanisme pengangkat utama meliputi; sistem penjepit peti kemas (*spreader*), tromol, *pully (sheave)*, motor penggerak, sistem transmisi, sistem pengereman, dan kabel (*wire rope*).

<sup>\*)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta.



Sistem pengangkat ini menggunakan kabel baja (wire rope) yang salah satu ujungnya dijepitkan dan digulung pada drum, sedang ujung lainnya dipasang pada *frame*. Perancangan sistem pengangkat dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kemampuan *wire rope grantry crane* .



Gambar 1. *Gantry Crane*

## LANDASAN TEORI

Menurut N. Rodenko (1992), tali baja terbuat dari kawat baja dengan kekuatan  $\sigma_b = 130$  sampai  $200 \text{ kg/mm}^2$ . Didalam proses pembuatannya kawat baja diberikan perlakuan panas tertentu dan digabung dengan penarikan dingin, sehingga menghasilkan sifat mekanis kawat baja yang tinggi. *Crane* yang bekerja pada lingkungan yang kering menggunakan tali kawat baja yang tinggi. *Crane* yang bekerja pada lingkungan yang kering menggunakan tali kawat baja yang terbuat dari kawat yang cerah (tak berlapis). Tali yang akan digunakan pada tempat yang lembab harus digalvanisir (berlapis-seng) untuk melindungi tali terhadap korosi.



Baslim A (1953) menjelaskan keunggulan tali baja antara lain; 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. Tali baja terbuat dari kawat-kawat halus dengan garis tengah (0,4 – 2,0 ) mm sampai menjadi jalinan.

Keausan yang biasa terjadi karena gesekan tali baja dalam alur-alur keping dawai. Pada keping-keping yang lapsisi dengan kulit atau kayu, dimana tekanan antara kawat dan alur oleh lapisan berpegas itu terbagi pada luas yang besar, patahan itu tidak hanya terjadi pada kawat-kawat yang berdekatan satu dengan lainnya, tetapi terjadi pada seluruh keliling tali baja. Pada umumnya keping-keping dawai tidak dilapsisi namun dibubut dengan licin. Keausan yang sering terjadi bila tali baja bergeser sepanjang dinding atau bangunan-bangunan konstruksi misalnya pada *crane* pembongkar pelabuhan atau geladak.

### Perencanaan Tali/Kabel (*wire rope*)

Kabel yang dipergunakan pada sistem pengangkat *crane gantry* adalah *steel wire rope* yang terbuat dari serat baja/*steel wire*. Beban maksimum dihitung dengan rumus (N.Rodenko, 1992) :

$$\frac{Q}{4} = S_{total} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- Q = Beban maksimum (kg)
- S<sub>total</sub> = Gaya total yang diterima kabel (kg)

Luas penampang yang menerima beban pada kabel dapat dihitung dengan rumus (N.Rodenko, 1992):

$$F(222) = \frac{S1_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{Dmin} 36000} \dots\dots\dots (2)$$



Dimana;

S1 = Beban pada kabel

$\sigma_b$  = *Ultimate breaking strength* kabel (harga  $\sigma_b$  antara 130 s/d 200 kg/cm<sup>2</sup>)

K = Faktor keamanan

Luasan seluruh *wire* (kawat) dihitung dengan rumus (N.Rodenko, 1992):

$$F = a \frac{\pi}{4} \delta^2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

a = Jumlah kawat pendukung kabel

$\delta$  = Diameter kawat pendukung kabel (mm)

Tegangan yang diijinkan dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{bijin} = \frac{\sigma_b}{K} \dots\dots\dots (4)$$

Tegangan yang terjadi pada kabel yang dibebani pada bagian melengkung karena tarikan dan lenturan dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \frac{S1}{F} + \frac{\delta x E}{D_{min}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

Dmin = Diameter minimum *pully*

F = Luas penampang kabel (mm<sup>2</sup>)



Gaya tarik maksimum yang diijinkan dihitung dengan rumus (N.Rodenko, 1992):

$$S' = \frac{P}{K} \dots\dots\dots (6)$$

Perhitungan umur kabel dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{D}{d} = M \times \sigma \times C \times C_1 \times C_2 \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- M = Faktor tergantung pada jumlah lengkungan berulang dari kabel selama periode keausannya sampai tali tersebut rusak
- $\sigma$  = Tegangan tarik yang bekerja pada kabel
- C = Faktor yang memberi karakteristik konstruksi tali/kabel dan kekuatan tarik maksimum bahan kawat
- C1 = Faktor yang bergantung dari besar diameter kabel = 1,09
- C2 = Faktor dari bahan kabel.

Umur kabel dapat dihitung dengan rumus:

$$Z = a \times Z_2 \times L \times F \times \beta \times \mu \dots\dots\dots (8)$$

Dimana;

- Z = Jumlah bengkokan
- a = Kerja rata-rata sebulan untuk *heavy load* (beban berat)
- Z2 = Jumlah perulangan bengkokan per-*cyclus*; umur kabel (bulan)
- $\beta$  = Faktor perubahan daya tahan tali akibat mengangkat muatan lebih rendah dari tinggi total dan lebih ringan
- $\mu$  = Konstanta yang tergantung pada jumlah lenturan dan jumlah kawat dalam kabel

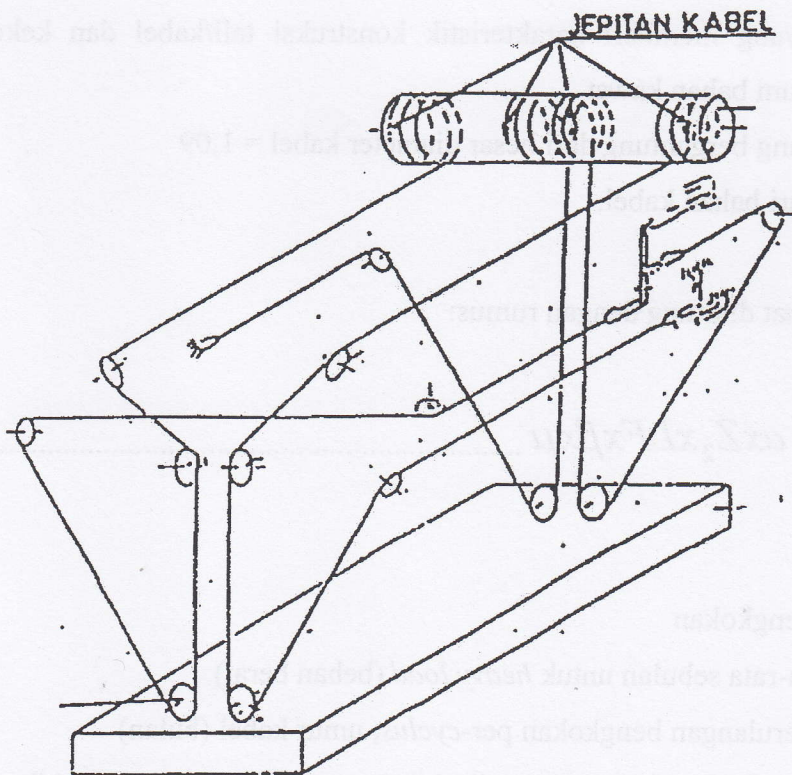


## HASIL PERANCANGAN

### Perencanaan Kabel (*Wire Rope*)

Kabel yang dipergunakan pada sistem pengangkat *crane gantry* adalah *steel wire rope* yang terbuat dari serat baja/*steel wire* karena memiliki keunggulan bila dibanding dengan rantai antara lain; lebih ringan, tahan terhadap sentakan, operasi yang tenang walaupun pada kecepatan operasi yang tinggi, lebih *fleksible* sehingga dapat dilengkungkan ke segala arah. Sistem *pully* yang direncanakan adalah seperti pada Gambar 2 dan tipe lengkungan kabel dapat dilihat pada Gambar 3.

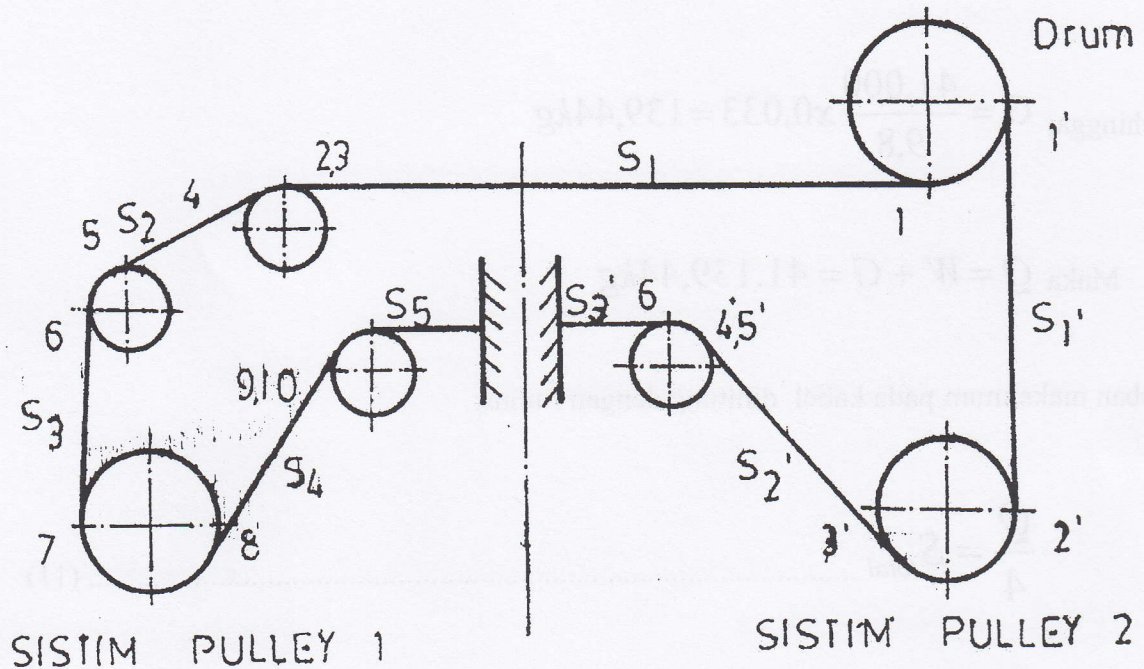
Pada sistem *pully* 1, jumlah bengkokan 10 dan jumlah kabel yang menerima gaya sebanyak 5. Sedangkan pada sistem *pully* 2, jumlah bengkokan 6 dan jumlah kabel yang menerima gaya sebanyak 3. Seperti pada sistem *pully* 2 jumlah kabel yang menerima gaya lebih sedikit dari sistem *pully* 1 yaitu 3 maka besarnya gaya yang diterima oleh kabel pada sistem 2 pada beban yang sama lebih besar dari sistem *pully* 1. Dan untuk amannya kabel berdasarkan pada sistem *pully* 2.



Gambar 2. Sistem *pully*



Pada perencanaan ini dipilih kabel baja dengan data-data sebagai berikut; jenis kabel = *ordinary cross laid*; jumlah bengkokan = 6; konstruksi = 6 x 37 = 222+C. Dimana; 6 = jumlah *strand* (utas tali); 37 = jumlah kawat tiap *strand*; 222 = jumlah kawat pendukung dalam kabel dan C = 1 inti kawat. Karena beban yang diangkat tergolong *heavy load* maka diambil  $\sigma_b = 190 \text{ kg/mm}^2$  dengan faktor keamanan  $K = 6$  dan modulus elastisitas,  $E = 300.000 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 3. Lengkungan Kabel

### Perhitungan Gaya-Gaya Pada Kabel

a) Gaya Statis (W):

Berat beban maksimum = 35.000 kg

Berat *spreader*, kabel dan *sheave* = 6.000 kg

Sehingga berat total (W) = 41.000 kg.

b) Gaya dinamis (G):

Hukum Newton II:

$$G = \frac{W}{g} \cdot a \dots\dots\dots (9)$$



Direncanakan kecepatan angkat maksimum ( $V$ ) = 10 m/menit = 0,166 m/detik.

Bila waktu start untuk mencapai kecepatan angkat = 5 detik, maka percepatannya adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{V}{t} = 0,033 \text{ m/dt}^2 \dots\dots\dots (10)$$

Sehingga;  $G = \frac{41.000}{9,8} \times 0,033 = 139,44 \text{ kg}$

Maka  $Q = W + G = 41.139,44 \text{ kg}$

Beban maksimum pada kabel dihitung dengan rumus:

$$\frac{Q}{4} = S_{total} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan Faktor tahanan *pully*,  $\Sigma = 1,05$  (N. Rodenko, 1992) maka:

$$S1 = \frac{Q}{4(\Sigma^2 + \Sigma + 1)} = 3.264 \text{ kg} \dots\dots\dots (12)$$

Dengan  $\frac{d}{D_{min}} = 28$  maka luas penampang yang menerima beban pada kabel diperoleh:

$$F(222) = \frac{S1_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}}} = 173 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (13)$$



Luasan seluruh *wire* (kawat) setelah dihitung diperoleh:

$$\delta = \sqrt{\frac{4xF}{\pi \times 222}} = 0,099 \text{ cm}$$

Sehingga diameter kabel (*rope*) diperoleh:

$$d = 1,5 \times \delta \times \sqrt{222} = 2,21 \text{ cm}, \text{ untuk lebih amannya dan disesuaikan}$$

dengan alur *pully*, maka diameter kabel diambil  $d = 2,4 \text{ cm}$ .

Tegangan kabel yang diijinkan sebesar:

$$\sigma_{\text{bijin}} = \frac{\sigma_b}{K} = 3166 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan yang terjadi pada kabel yang dibebani pada bagian melengkung karena tarikan dan lenturan diperoleh:

$$\sigma = \frac{S1}{F} + \frac{\delta x E}{D_{\text{min}}} = 848,33 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan yang diijinkan pada kabel sebesar  $\sigma_{\text{ijin}} = 3166 \text{ kg/cm}^2$ , ternyata  $\sigma_{\text{ijin}} > \sigma$  maka perencanaan cukup aman.

Gaya tarik maksimum yang diijinkan diperoleh:

$$S' = \frac{P}{K} = 5.495,16 \text{ kg}, \text{ ternyata } S1 < S' \text{ maka perencanaan ini memenuhi}$$

persyaratan untuk pembebanan pada kabel.

Tegangan tarik yang bekerja pada kabel ( $\sigma$ ) adalah,

$$\sigma = \frac{S}{F} = 3264,07 \text{ kg}$$



Perhitungan umur kabel diperoleh:

$$\frac{D}{d} = M \times \alpha \times C_1 \times C_2 \dots \dots \dots (14)$$

Maka,

$$M = \frac{28}{7,86 \times 1,02 \times 1,09 \times 1,37} = 2,33$$

Dari lampiran N. Rodenko (1992) secara interpolasi jumlah bengkakan yang diperbolehkan (Z) diketahui:

$$Z = 340(2,33 - 2,27) \frac{450 - 340}{2,33 - 2,27} = 450.000 \text{ kali}$$

Bila kerja rata-rata sebulan untuk *heavy heavy load*,  $a = 9.600$ ; faktor perubahan daya tahan tali akibat mengangkat muatan lebih rendah dari tinggi total dan lebih ringan  $\beta = 0,4$  dan konstanta yang tergantung pada jumlah lenturan dan jumlah kawat dalam kabel diambil  $\mu = 2,5$

Maka umur kabel (LF) adalah:

$$LF = \frac{Z}{a \times Z_1 \times \beta \times \mu} = 9,38 \text{ bulan}$$

## KESIMPULAN

Dari hasil perancangan *wire rope gantry crane* dapat disimpulkan sebagai berikut:

- (1) Jenis *wire rope* yang digunakan adalah *ordinary cross laid* berdiameter 2,4 cm dengan konstruksi =  $6 \times 37 = 222 + C$ .
- (2) Tegangan yang diijinkan pada kabel sebesar  $\sigma$  ijin =  $3.166,67 \text{ kg/cm}^2$ , ternyata  $\sigma$  ijin  $> \sigma$  maka perencanaan cukup aman.
- (3) Gaya tarik maksimum kabel yang diijinkan  $S' = 5.495,16 \text{ kg}$  ternyata  $S_1 < S'$  maka perencanaan kabel cukup memenuhi persyaratan untuk pembebanan



## DAFTAR PUSTAKA

- Bustram dan Z. Lambri**, *Daftar-Daftar Untuk Konstruksi Baja*, Penerbit PT Pradnya Paramita, 1992
- Brosur**, *Material Handling Equipment*, Seocho-dong, Seocho-gu, Seoul 137-920, Korea
- Jack, Stolk dan C. Cros**, *Elemen Mesin*, Diterjemahkan oleh Hendarsin H. Dan Abdul rahman A, Penerbit Erlangga 1984
- Khurmi, R.S. Gupta J.K.**, *Machine Design*, Eurasio Publishing House, New Delhi 1980
- N. Rodenko**, *Mesin Pemindah Bahan*, Diterjemahkan oleh Nazar Foad, Penerbit Erlangga, Jakarta 1992
- S.G.E. Hofteede dan P.J. Kramer**, Sumargono, *Ilmu Mekanika Teknik*, Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1976

## PENULIS:

SUBARDI, ST, MT

Dosen Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta

Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 485390, 486986 Faks. (0274) 487249

E-mail: bardi\_sttnas@yahoo.com