

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Crane*

Crane adalah suatu alat pengangkat dan pemindah material yang bekerja dengan prinsip kerja tali, *crane* digunakan untuk angkat muatan secara vertikal dan gerak ke arah horisontal bergerak secara bersama dan menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme pergerakan *crane* secara dua derajat kebebasan.

2.2 Jenis-jenis Utama *Crane*

2.2.1 *Crane* stasioner yang dapat diputar

Crane stasioner yang dapat diputar atau *crane* putar yang diam ditempatkan umumnya merupakan *crane* yang tetap dengan tiang miring yang dapat berputar pada sumbu vertikal.

Crane jenis ini yang sekarang sangat populer adalah *tower crane*. Di dalam proyek konstruksi bangunan bertingkat, *tower crane* sangat cocok dipakai untuk pelayanan bangunan bertingkat (*high rise building*) untuk melayani daerah konstruksi sesuai luas lahan. *Tower crane* menjadi sentral atau alat yang paling utama karena dalam proyek gedung bertingkat, *tower crane* digunakan untuk mengangkat muatan secara horisontal maupun vertikal, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang ditentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan pejalan (*travelling*).

2.2.2 *Crane* yang bergerak pada rel

Crane yang bergerak pada rel umumnya terdiri dari *crane* kantilever dan monorel (baik yang berupa dapat diputar maupun tidak) yang bergerak lurus pada suatu jalur khusus.

2.2.3 *Crane* Tanpa Lintasan

Crane tanpa lintasan terdiri dari atas *crane* tiang yang dipasang di atas truk, mobil atau traktor agar dapat bergerak pada jalan berkapur, berbatu, dan beraspal.

2.2.4 Crane yang dipasang pada traktor rantai atau lokomotif

Crane yang dipasang pada lokomotif atau traktor atau kendaraan beroda belakang, termasuk pula *crane* tiang yang lebih kuat yang bergerak pada jalur rel, jalan tanah dan didalam daerah gudang.

2.2.5 Crane Jembatan

Crane jembatan terdiri dari *crane* yang berjalan pada jembatan rangka dan yang bergerak pada jalur rel yang dibentang pada permukaan tanah. Untuk rel yang dibentang di permukaan tanah, jembatannya dilengkapi dengan kaki pendukung yang tinggi, yang dipasang pada kedua sisi jembatan (gantri dan jembatan pemindah muatan) atau hanya pada satu sisi jembatan (semigantri).

Crane tipe jembatan dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. *Crane* berpalang
- b. *Crane* berpalang tunggal untuk gerakan *overhead*.
- c. *Crane* berpalang ganda untuk gerakan *overhead*.
- d. *Gantry crane* dan semi *gantry*

2.3 Cara Kerja *Rubber Tyred Gantry Crane*

Dalam hal ini *gantry crane* mempunyai cara kerja sebagai berikut :

1) Gerakan *Hoist*

Gerakan *hoist* ini adalah gerakan naik dan turun untuk mengangkat dan menurunkan muatan yang telah dijepit oleh spreader yang diikat melalui tali baja (wire rope) yang digulung oleh drum, dimana drum ini digerakkan oleh elektromotor. Apabila posisi pengangkatannya telah disesuaikan seperti yang telah dikehendaki maka gerakan drum ini dapat dihentikan oleh rem (*brake*) yang dilakukan pada *handle* dan terdapat pada kabin operator.

2) Gerakan Transversal

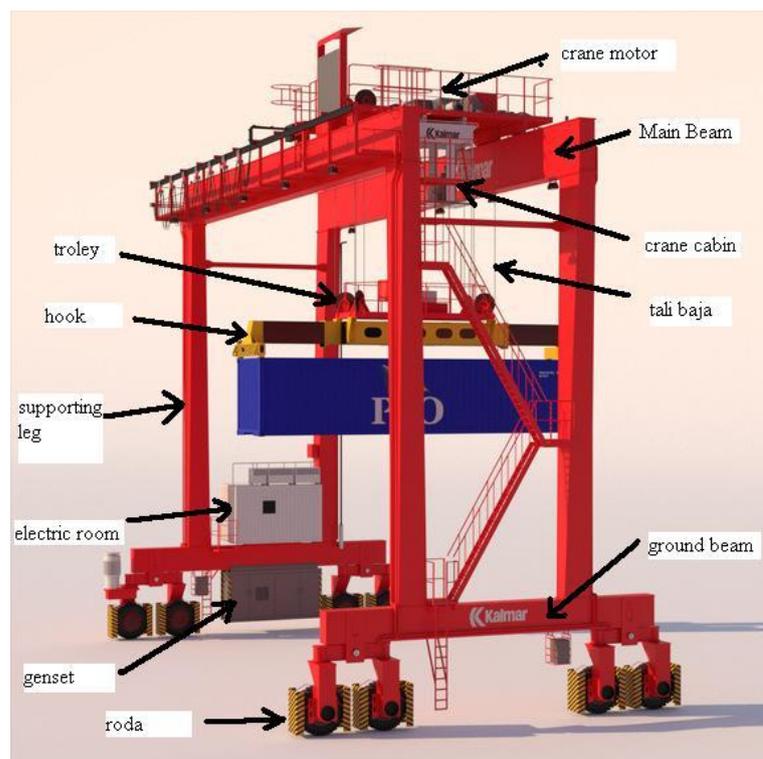
Gerakan transversal ini adalah gerakan yang dilakukan oleh *trolley* saat membawa muatan dengan arah dan pergerakannya sejajar dengan *boom* dan *girder*, melalui tali baja yang terlilit pada drum dengan penggerak mula ialah elektromotor, sehingga *trolley* akan bergerak pada rel yang terletak diatas *boom*

dan *girder*. Gerakan ini akan berhenti jika arus listrik pada elektromotor diputuskan dan sekaligus rem akan berkerja.

3) Gerakan Longitudinal

Gerakan longitudinal ini disebut juga gerakan yang dilakukan oleh *gantry* yaitu gerakan memanjang pada rel besi yang terletak pada permukaan tanah yang dilakukan melalui roda gigi transmisi. Dalam hal ini elektromotor akan memutar roda *gantry* dan *gantry* akan bergerak secara maju mundur ke arah yang diinginkan, dan setelah jarak yang dicapai telah pada tempatnya maka arus listrik akan terputus dan rem sekaligus akan berkerja.

2.4 Bagian – bagian Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane



Gambar 2.1 Bagian-bagian *rubber tyred gantry*

Bagian-bagian utama dari *rubber tyred gantry (RTG) crane*

1. Ganset (*engine*)
2. Ground beam
3. Supporting leg

4. Electric room
5. Roda (tyre)
6. Crane motor
7. Main beam
8. Trolley
9. Hook
10. Tali baja
11. Crane cabin

2.5 Perhitungan Gaya dan Tegangan pada Rangka

2.5.1 Hukum Kesetimbangan

Kesetimbangan adalah sebuah kondisi dimana resultan semua gaya yang bekerja pada sebuah benda adalah nol. Dengan kata lain, semua benda berada dalam kesetimbangan jika semua gaya dan momen yang dikenakan padanya setimbang. Pernyataan ini dicantumkan dalam persamaan kesetimbangan, yaitu:

$$\Sigma F_x = 0, \quad \Sigma F_y = 0, \quad \Sigma M = 0 \dots \dots \dots (1, \text{ lit.2, 2015})$$

dengan $\Sigma F_x =$ Jumlah gaya pada x (N)

$\Sigma F_y =$ Jumlah gaya pada y (N)

$\Sigma M =$ Jumlah momen yang berkerja (Nm)

2.5.2 Tegangan Bending

- Tegangan *bending* :

$$\sigma_b = \frac{mb}{wb} \dots \dots \dots (2, \text{ lit.2, 2015})$$

Dimana :

$\sigma_b =$ Tegangan *bending* (N/mm²)

$m_b =$ Momen *bending* (N.mm)

$w_b =$ Momen tahanan *bending* (mm³)

2.5.3 Tegangan Tarik

- Tegangan tarik :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (3, \text{ lit.2, 2015})$$

$\sigma_t =$ Tegangan tarik (N/mm²)

F = Gaya yang bekerja (N)

A = Luas penampang (mm^2)

2.5.4 Tegangan Geser

$$\tau = \frac{F}{A_s} \dots \dots \dots (4, \text{lit.3, 2015})$$

F = Gaya geser (N)

A_s = Luas bidang geser (m^2)

Jika momen puntir adalah T (kg.mm), maka :

$$P = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right)\left(\frac{2\pi n_1}{60}\right)}{102} \dots \dots \dots (5, \text{lit.4, 2015})$$

Sehingga

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n_1}$$

P = daya (kW)

T = momen puntir

n_1 = putaran (rpm)

2.5.5 Teori Euler

Teori Euler hanya berlaku untuk pembebanan pada daerah proporsional, yaitu konstruksi pembebanan penumpuan ujung buckling :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2} \dots \dots \dots (6, \text{lit.5, 2015})$$

F_{cr} = beban kritis yang dapat dimulai terjadinya tekukan (N)

E = modulus elastisitas Young (MPa)

I = inersia minimum penampang lintang batang (mm^4)

L = panjang batang (mm)

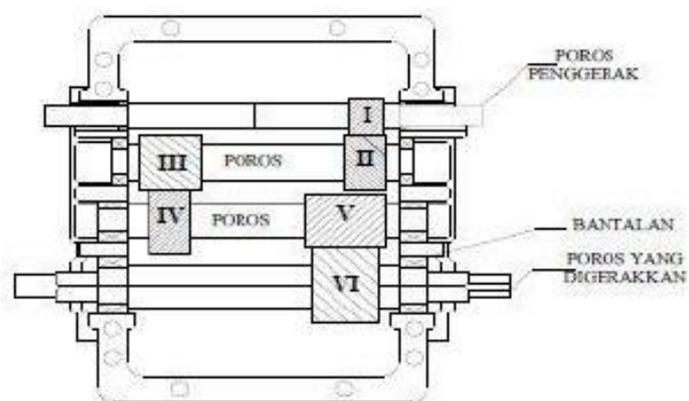
2.6 Transmisi

2.6.1 Roda Gigi

Secara umum fungsi roda gigi yaitu untuk meneruskan putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan, dan juga dapat memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat yang lain, seperti yang digunakan pada

pompa roda gigi. Roda gigi dikelompokkan menjadi tiga kelompok, sesuai dengan kedudukan yang diambil oleh poros yang dipergunakan dalam industri.

Putaran yang berubah - ubah juga dapat diperoleh dengan menggunakan roda gigi. Salah satu maksud tersebut ialah dipergunakan pada perkakas pemindah kecepatan. Roda gigi dipergunakan pada kendaraan atau mesin yang memiliki gerakan putar, adapun sistem transmisi pada perencanaan ini terlihat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 Sistem transmisi

roda gigi dapat digolongkan sesuai kedudukan yang diambil oleh poros yang satu terhadap poros yang lain. Penggunaan roda gigi ada tiga golonganyaitu:

a) Poros sejajar satu sama lain.

Roda gigi yang dipergunakan bentuk dasarnya adalah dua buah silinder yang saling bersinggungan menurut sebuah garis lukis. Roda gigi yang dipergunakan dapat sejajar dengan garis lukis silinder, atau membuat sudut dengan garis lukis.

b) Poros saling memotong.

Roda gigi yang dipergunakan adalah roda gigi krucut dengan puncak gabungan yang saling menyinggung menurut sebuah garis lukis dan garis lukis gigi saling berpotongan di puncak krucut.

c) Poros saling menyilang,

Roda gigi yang dapat dipergunakan berbentuk roda ulir.

Adapun standar gear box yang dipakai :



Gambar 2.3 : spesifikasi gear box

2.6.2 Motor

Motor listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak yang digunakan untuk menggerakkan gear box. Penggunaan dari motor listrik ini disesuaikan dengan kebutuhan daya dari mesin tersebut, yaitu daya yang diperlukan dalam proses gerakan pada hoist, trolley, dan hook.

Jika n_1 (rpm) adalah putaran dari motor listrik dan T (Nm) adalah torsi pada motor listrik, maka besarnya daya P (watt) yang diperlukan untuk menggerakkan sistem yaitu:

$$P = T \times \frac{2\pi \times n}{60} \dots\dots\dots(7, \text{ lit.6, 2015})$$

dengan

P = Daya Motor Listrik (Watt)

T = Torsi motor listrik (Nm)

n = Putaran motor listrik (rpm)

2.6.3 Sabuk

Sabuk adalah elemen transmisi daya yang fleksibel yang dipasang secara ketat pada puli atau cakra. Jika dasar digunakan untuk penurunan kecepatan, puli kecil dipasang pada poros yang berkecepatan tinggi, semisal poros motor listrik. Puli besar dipasang pada mesin yang digerakkan. Sabuk ini dirancang untuk mengitari dua puli tanpa selip. Sabuk dibagi menjadi tiga kelompok yaitu :

a. Sabuk rata

Sabuk ini dipasang pada puli silinder dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat mencapai 1000 mm dengan perbandingan putaran 1:1 sampai 6:1.

b. Sabuk dengan penampang trapesium

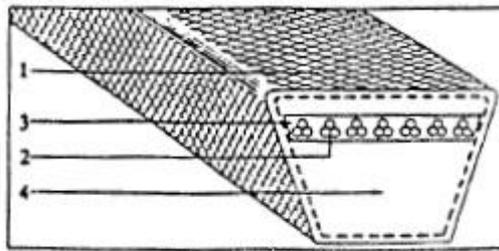
Sabuk ini dipasang pada puli silinder dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat mencapai 500 mm dengan perbandingan putaran 1:1 sampai 6:1.

c. Sabuk dengan gigi yang digerakan dengan *sprocket*

Sabuk ini digerakan *sprocket* pada jarak pusat sampai mencapai 200 mm dan meneruskan putaran secara tepat dengan perbandingan 1:1 sampai 6:1.

Adapun keistimewaan sabuk-V :

1. Tidak ada sambungan dan permukaan geser lebih luas sehingga daya motor yang dipindahkan relatif besar dengan tegangan yang relatif rendah.
2. Pemeliharaan lebih murah.
3. Tidak menimbulkan suara yang bising.



Gambar 2.4 bagian sabuk-V

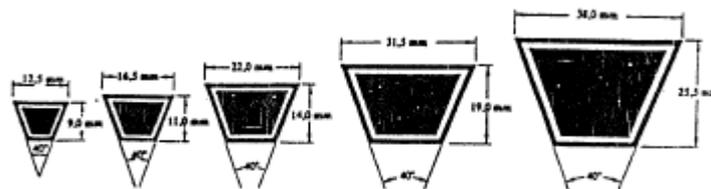
Keterangan:

- 1) Terpal
- 2) Bagian penarik
- 3) Karet pembungkus
- 4) Bantal karet

Rasio kecepatan antara puli penggerak dan yang digerakan berbanding terbalik dengan rasio diameter jarak bagi puli. Jadi kecepatan linier garis jarak bagi dari kedua puli adalah sama dan sama dengan kecepatan sabuk v_b . Dengan demikian

Kecepatan linear sabuk- V (m/s) adalah

$$v = \frac{\pi d_p n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(8, \text{ lit.1, 2013})$$



Perbandingan reduksi $i > I$:

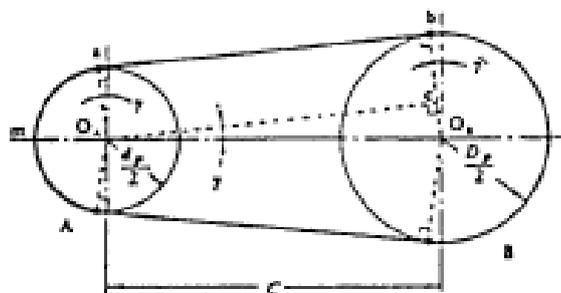
$$\frac{n_p}{n_w} = \frac{D_w}{D_p} = \frac{1}{u} \dots\dots\dots(9, \text{ lit.1, 2013})$$

Perhitungan panjang sabuk dan jarak sumbu poros

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \dots\dots\dots(10, \text{ lit.1, 2013})$$

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8} \dots\dots\dots(11, \text{ lit.1, 2013})$$

Dimana $B = 2L - \pi(D_2 + D_1) \dots\dots\dots(12, \text{ lit.1, 2013})$



2.6.4 Rantai

Rantai adalah elemen transmisi daya yang tersusun sebagai sebuah deretan penghubung dengan sambungan pin. Rancangan ini menyediakan fleksibilitas disamping juga memungkinkan rantai mentransmisikan gaya tarik yang besar.

Panjang rantai harus merupakan kelipatan untuk jarak bagi dan dianjurkan menggunakan jumlah jarak bagi yang genap. Jarak sumbu poros harus dapat disetel untuk menyesuaikan panjang rantai dan memberikan ruang untuk toleransi dan keausan. Hubungan antara jarak sumbu poros (C), panjang rantai (L) jumlah gigi kecil (N_1) dan jumlah gigi besar (N_2) adalah :

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \dots\dots\dots(13, \text{ lit.1, 2013})$$

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{z_2 + z_1}{2} \right]^2 - \frac{2}{9.86} (z_2 - z_1)^2} \right] \dots\dots\dots(14, \text{ lit.1, 2013})$$

2.6.5 Katrol (pulley)

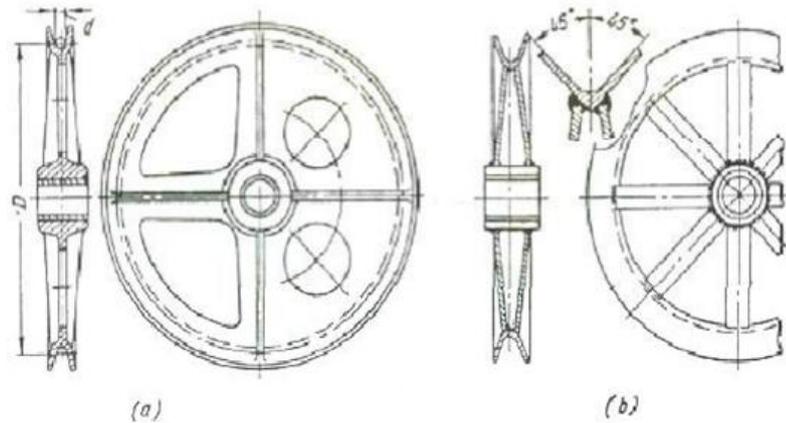
Katrol merupakan kepingan bundar yang terbuat dari logam atau pun non logam. Pinggiran kepingan diberi alur yang berfungsi sebagai laluan tali untuk memindahkan gaya dan gerak. Katrol terdiri dari dua jenis yaitu:

a) Katrol Tetap

katrol tetap terdiri dari sebuah kepingan dan sebuah tali yang dilingkarkan pada alur dibagian atasnya dan pada salah satu ujungnya digantungi beban, sedangkan ujung lainnya ditarik kebawah sehingga beban terangkat keatas.

b) Katrol Bebas

Katrol bergerak terdiri dari kepingan dan poros yang bebas. Tali dilingkarkan dalam alur di bagian bawah. Salah satu ujung tali diikatkan tetap dan di ujung lainnya ditahan atau ditarik pada waktu pengangkatan, beban digantungkan pada kait yang tergantung pada poros.



Gambar 2.5 Katrol

(Sumber: Rudenko, N. 1994)

Rumus – rumus yang digunakan dalam perancangan katrol antara lain:

1. Rumus untuk mencari diameter drum atau katrol untuk pemakaian tali baja yang diizinkan.

$$D = e_1 \times e_2 \times d \dots \dots \dots (15, \text{ lit.7, 2015})$$

dimana:

D = Diameter puli padadasar alurnya (mm)

d = Diameter tali (mm)

e_1 = Faktor yang tergantung pada alat pengangkatm dan kondisi operasinya (faktor e_1 pada *tower crane* adalah 25)

e_2 = Fakor yang tergantung pada konstruksi tali.

2. Rumus yang digunakan untuk mencari diameter poros / gandar roda puli.

$$d_g = \frac{Q}{p \cdot l} \dots \dots \dots (16, \text{ lit.7, 2015})$$

Dimana :

D_g = Diameter gandar / poros roda puli (mm)

Q = Kapasitas total yang diangkat (N)

p = Tekanan bidang poros (N/mm^2)

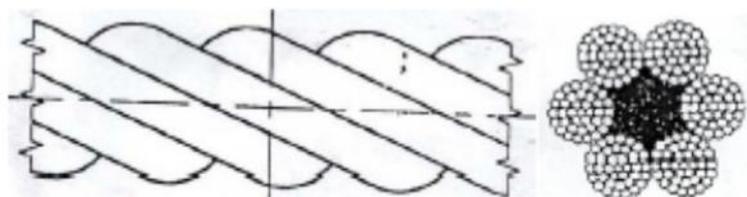
l = Panjang bushing (mm)

2.7 Tali (*line*)

Tali berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan beban serta mengatur kemiringan Boom. Tali baja adalah tali yang dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat-serat baja (*steel wire*) dengan kekuatan $\sigma_b = 130\text{-}200\text{kg/mm}^2$.

Beberapa serat dipintal hingga menjadi satu jalinan (*strand*), kemudian beberapa *strand* dijalin pula pada suatu inti (*core*) sehingga membentuk tali. Tali baja banyak digunakan pada mesin pengangkat karena dibandingkan dengan rantai, tali baja memiliki keunggulan antara lain :

1. Lebih ringan dan lebih murah harganya.
2. Lebih tahan terhadap beban sentakan, karena beban terbagi rata pada semua *strand*.
3. Operasi yang tenang walaupun pada kecepatan operasi yang tinggi
4. Keandalan operasi yang tinggi.
5. Lebih fleksibel dan ketika beban lengkungan tidak perlu mengatasi *internal stress*.
6. Sedikit mengalami *fatigue* dan *internalwear* karena tidak ada kecenderungan kawat untuk menjadi lurus yang selalu menyebabkan *internal stress*.
7. Kurangnya kecenderungan untuk membelit karena peletakan yang tepat pada drum dan puli, penyambungan yang cepat, mudah dijepit (*clip*), atau ditekuk (*socket*).
8. Kawat yang patah setelah pemakaian yang lama tidak akan menonjol keluar sehingga lebih aman dalam pengangkatan dan tidak akan merusak kawat yang berdekatan.



Gambar 2.6 Konstruksi Serat Tali Baja

(Sumber: Rudenko, N.1994)

Untuk menganalisa tegangan berat muatan yang akan diangkat maksimal harus ditentukan terlebih dahulu. Karena pada pengangkatan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berat *trolley* dan berat kait (*hook*), sehingga berat muatan yang diangkat dapat dibuat rumus sebagai berikut:

1. Berat muatan yang diangkat

$$Q_m = Q_0 + (10\% \times Q_0) \dots\dots\dots(17, \text{lit.7, 2015})$$

Dimana :

Q_m = Berat muatan yang diangkat (N)

Q_0 = Berat muatan yang telah ditentukan (N)

2. Kapasitas total yang diangkat

$$Q = Q_m + Q_{trolley} + Q_{hook} \dots\dots\dots(18, \text{lit.7, 2015})$$

Dimana :

Q = Kapasitas total yang diangkat (kg)

Q_m = Berat muatan yang diangkat (kg)

$Q_{trolley}$ = Berat *trolley* (kg)

3. Tegangan maksimum dari sistem tali puli

$$S = \frac{Q}{n \cdot \eta \cdot \eta_1} \dots\dots\dots(19, \text{lit.7, 2015})$$

Pemilihan puli yang digunakan adalah puli tetap. Dimana :

S = Tegangan maksimum pada tali (kg)

Q = Kapasitas total yang diangkat (kg)

n = Jumlah puli yang digunakan sebagai penumpu

η = Efisiensi puli = 0,96

η_1 = Efisiensi yang disebabkan kerugian tali akibat kekuatan ketika menggulung pada drum yang diasumsikan 0,98

4. Kekuatan putus tali sebenarnya

$$P = S \cdot k \dots\dots\dots(20, \text{lit.7, 2015})$$

Dimana :

P = Kekuatan putus tali (kg)

S = Tegangan pada tali (kg)

$k =$ Faktor keamanan = 5,5

5. Luas penampang tali baja dapat dihitung dengan rumus :

$$F_{222} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}}} \cdot (36000) \dots\dots\dots(21, \text{lit.7, 2015})$$

6. Tegangan pada tali yang dibebani pada bagian yang melengkung karena tarikan dan lenturan adalah :

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{\sigma_b}{K} \text{ izin} = \frac{P_b}{K} \dots\dots\dots(22, \text{lit.7, 2015})$$

7. Tegangan tarik yang terjadi pada tali baja adalah :

$$\sigma_t = \frac{S_b}{F_{222}} \dots\dots\dots(23, \text{lit.7, 2015})$$

2.8 Kait (*hook*)

Kait adalah perlengkapan yang digunakan untuk menggantung beban yang diangkat *mobile crane*. Pada ujung tangkainya terdapat ulir yang digunakan untuk mengikat bantalan aksial agar kait tersebut dapat berputar dengan leluasa. Kait dapat mengangkat mulai dari 25-100 ton. Kait terdiri atas beberapa jenis, yaitu :

1. Kait Tunggal (*SingleHook*) / Kait Standar

Kait ini dibuat dengan cara ditempa pada cetakan rata atau tertutup. Kait standar dapat mengangkat beban sampai dengan 50 ton.

2. Kait Ganda (*DoubleHook*)

Kait ini dibuat dengan cara ditempa pada cetakan rata dan tertutup. Kait ganda dapat mengangkat beban mulai dari 25 - 100 ton. Kait ganda didesain dengan kedudukan yang lebih kecil dari kait tunggal dengan kapasitas angkat sama.

3. Kait Mata Segitiga (*Triangular Hook*)

Kait mata segitiga digunakan untuk mengangkat muatan diatas 100 ton.

Gambar 2.7 Kait (*Hook*)

2.9 Data pengujian

2.9.1 Rata-rata (*mean*)

1. Rata-rata hitung data tak tersusun

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(24, \text{lit.8, 2015})$$

2. rata-rata hitung data tersusun

$$M = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n f_i x_i \dots\dots\dots(25, \text{lit.8, 2015})$$

2.9.2 Median atau Nilai tengah (*Md*)

1. Nilai tengah data tak tersusun

Misal 1,2,3,4,2,3,4,2,2 maka *Md* , maka data ini harus disusun ke dalam array 1,2,2,2,2,3,3,4,dan 4 maka $Md = 2$

2. Nilai tengah data tersusun

Perhitungan nilai median harus berdasarkan grafik batang atau *histogram*

$$Md = B_b + I \left(\frac{\frac{n}{2} - \sum f_{sb}}{f_{md}} \right) \dots\dots\dots (26, \text{lit.8, 2015})$$

Dimana : B_b = batas bawah klas median

I = Interval (jarak antar kelas)

n = jumlah data

$\sum f_{sb}$ = jumlah frekw. Klas-klas sebelum median

f_{md} = frekw. Klas median

2.9.3 Modus (M_o)

Modus adalah data yang sering muncul atau data yang mempunyai frekwensi terbanyak/ terbesar.

1. Data tak tersusun

Misal 1,2,2,2,3,4,5, dan 5, maka modus M_o adalah 2, karena 2 adalah data yang sering muncul.

2. Data tersusun

Untuk data yang tersusun maka penghitung modus akan mengalami kesulitan seperti pada penghitungan median. Modus (M_o) dapat dirumuskan sbb. :

$$M_o = B_b + I \left(\frac{f_{mo} - f_{sb}}{f_{mo} - f_{sb} + f_{mo} - f_{sd}} \right) \dots\dots\dots (27, \text{ lit.8, 2015})$$

dimana :

B_b = batas bawah kelas modus

I = Interval (jarak antara kelas)

f_{mo} = frekwensi kelas modus

f_{sb} = frekwensi kelas sebelum kelas modus

f_{sd} = frekwensi kelas sesudah kelas modus

2.9.4 Ukuran Sebaran (Simpangan Baku)

Sekelompok data tidak hanya dianalisa berdasarkan ukuran tendensi sentralnya saja (mean, median, dan modus), akan tetapi juga perlu dianalisa berdasarkan ukuran sebenarnya.

a. Data tak tersusun

Simpangan baku untuk data tak tersusun dirumuskan sebagai

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n}} \text{ untuk kelompok data yang besar} \dots\dots (28, \text{ lit.8, 2015})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n-1}} \quad \text{untuk kelompok data yang kecil.....(29, lit.8, 2015)}$$

b. Data tersusun

Untuk data tersusun besarnya simpangan baku dirumuskan sebagai :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - m)^2}{n}} \dots\dots\dots(30, \text{lit.8, 2015})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - m)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(31, \text{lit.8, 2015})$$

Untuk menyederhanakan perhitungan, kedua rumus diatas dapat diubah menjadi :

$$s = \sqrt{\frac{n \sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2}{n^2}} \dots\dots\dots(32, \text{lit.8, 2015})$$

$$s = \sqrt{\frac{n \sum f_i x_i^2 - (\sum f_i x_i)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(33, \text{lit.8, 2015})$$

2.10 Proses Permesinan

2.10.1 Proses Pengeboran

Pengeboran adalah suatu proses pengerjaan pemotongan menggunakan mata bor (*twist drill*) untuk menghasilkan lubang yang bulat pada material logam maupun non logam yang masih pejal atau material yang sudah berlubang. Proses pengeboran dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(34, \text{lit.9, 2015})$$

dengan N = putaran bor (rpm)

V_c = kecepatan potong (m/menit)

d = diameter bor (mm)

Untuk menentukan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{S_r \times N} \dots\dots\dots(35, \text{lit.9, 2015})$$

Untuk melakukan kedalaman pengeboran

$$L = t + (0,3 \times d) \dots\dots\dots(36, \text{lit.9, 2015})$$

2.10.2 Proses Pemotongan dengan Gerinda

Kecepatan putar roda gerinda secara teoritis dihitung menggunakan rumus:

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(37, \text{lit.9, 2015})$$

dengan N = kecepatan putar (rpm)

V_c = kecepatan potong (m/menit)

d = diameter roda gerinda (mm)

2.10.3 Proses Pembubutan

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ m/min} \dots\dots\dots(38, \text{lit.9, 2015})$$

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_m} \dots\dots\dots(39, \text{lit.9, 2015})$$

dengan : V_c = kecepatan pemotongan (m/menit)

n = putaran benda kerja (rpm)

D = diameter benda kerja

Kecepatan makan

$$V_f = f \times n \dots\dots\dots(40, \text{lit.9, 2015})$$

f = kecepatan pemakanan

n = putaran mesin

Waktu Pemotongan

$$T_c = \frac{l_t}{V_f} \dots\dots\dots(41, \text{lit.9, 2015})$$

T_c = waktu pemotongan

l_t = jarak yang akan dibubut

V_f = kecepatan pemotongan

2.11 *Maintenance*

2.11.1 Pengertian *Maintenance*

Maintenance atau perawatan adalah suatu usaha atau tindakan reparasi yang dilakukan agar kondisi dan *performance* dari mesin tetap terjaga, namun dengan biaya perawatan yang serendah - rendahnya atau suatu kegiatan servis untuk mencegah timbulnya kerusakan tidak normal sehingga umur alat dapat mencapai atau sesuai umur yang direkomendasikan oleh pabrik. Kegiatan servis meliputi pengontrolan, penggantian, penyetelan, perbaikan dan pengetesan.

2.11.2 Tujuan dari *Maintenance*

Tujuan dari melakukan *maintenance* ialah:

1. Agar suatu alat selalu dalam keadaan siaga siap pakai (*high availability*)
2. Memiliki kemampuan mekanis paling baik (*best performance*)
3. Agar biaya perbaikan alat menjadi hemat (*reduce repair cost*)

2.11.3 Klasifikasi dari *Maintenance*

Maintenance terbagi menjadidua bagian yaitu *Preventive Maintenance* dan juga *Corrective Maintenance* dapat lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 2.15 *Preventive Maintenance* dilakukan untuk mencegah kerusakan pada unit atau komponen sedangkan *corrective maintenance* dilakukan setelah komponen mengalami gejala kerusakan. Berikut penjelasan tentang kedua jenis *maintenance* tersebut:

a. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance adalah perawatan yang dilakukan dengan tujuan untuk mencegah kemungkinan timbulnya gangguan atau kerusakan pada alat. *Preventive maintenance* terbagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. *Periodic Maintenance*

Periodic maintenance ialah pelaksanaan *service* yang dilakukan setelah unit beroperasi dalam jumlah jam tertentu. *Periodic maintenance* juga terbagi menjadi tiga bagian yaitu:

- a) *Periodic Inspection* adalah inspeksi atau pemeriksaan harian (*daily-10hours*) dan mingguan (*weekly-50hours*) sebelum unit beroperasi.
- b) *Periodic Service* adalah suatu usaha untuk mencegah timbulnya kerusakan pada suatu alat yang dilaksanakan secara berkala / *continue* dengan interval pelaksanaan yang telah ditentukan berdasarkan *service meter / hours meter (HM)*.

2. *Schedule Overhaul*

Schedule Overhaul adalah jenis perawatan yang dilakukan pada interval tertentu sesuai dengan standar *overhaul* masing - masing komponen yang ada.

3. *Conditioned Based Maintenance*

Conditioned Based Maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan berdasarkan kondisi unit yang diketahui melalui Program Analisa Pelumas (PAP), Program Pemeriksaan Mesin (PPM), Program Pemeliharaan *Undercarriage* (P2U) atau Program Pemeriksaan Harian (P2H). *Conditioned Based Maintenance* juga dapat dilakukan berdasarkan *part and service news (PSN)* atau *modification program* yang dikeluarkan pabrik.

b. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan *machine* ke kondisi standar melalui pekerjaan *repair* (perbaikan) atau *adjustment* (penyetelan). *Corrective Maintenance* terbagi menjadi dua bagian, yaitu:

- a. *Brakedown Maintenance* adalah perawatan yang dilaksanakan setelah *machine brakedown* (tidak bisa digunakan).

- b. *Repair and Adjustment* adalah perawatan yang sifatnya memperbaiki kerusakan yang belum parah atau *machine* belum *brakedown* (tidak bisa digunakan).