Analisa Kekuatan Dan Getaran *Overhead Crane* 10 Ton *Double Girder* Dengan Bentangan 17 Meter Proses Material Handling

Yulia Widhianti[1]. Alfian Ady Saputra[1]
[1]*Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa, Bekasi, Indonesia*
Email: ywidhianti@gmail.com, alfianadys@gmail.com

ABSTRAK

Dalam perancangan *overhead traveling crane* dengan kapasitas angkat 10 ton. Sebagai acuan untuk merancang dan menganalisa bagian-bagian crane seperti girder, *end carriage*, tali baja, kait, dan motor, perancang harus mengtahui beberapa hal diantaranya: panjang bentangan crane, tinggi angkat beban, keadaan lokasi, defleksi yang di ijinkan, penambahan beban karena karena dipengaruhi faktor overload dan keadaan dinamis, dan *safety factor* yang digunakan. Hasil dari perancangan *Overhead Travelling Crane* dengan kapasitas angkat10 Ton adalah; Struktur yang digunakan atau Gider dan end carriage menggunakan *welded box profile*, Tali baja yang dibutuhkan adalah tipe 6x36 *Warington seale* + 1 *fiber core*, dengan umur tali baja samapai 10.3 bulan. Puli dan drum yang digunakan berdiameter 40 mm. Motor yang digunkana ada 4 buah motor, yang mana digunkana untuk; penggerak drum satu buah motor, penggerak troli satu buah motor dan dua buah motor untuk penggerak girder.

Kata kunci : *overhead crane* 10 ton . *double girder* . Analisa Getaran *Crane*

ABSTRACT

In designing an overhead traveling crane with a lifting capacity of 10 tons. As a reference for designing and analyzing crane parts such as girders, end carriages, steel ropes, hooks, and motors, the designer must know several things including: crane span length, lifting height, location, allowable deflection, increase in load due to factors overload and dynamic state, and the safety factor used. The results of the Overhead Traveling Crane Design with a lifting capacity of 10 Tons are; The structure used or the Gider and end carriage uses a welded box profile. The steel rope needed is a type 6x36 Warington seal + 1 fiber core, with a steel rope life of up to 10.3 months. The pulleys and drums used are 40 mm in diameter. There are 4 motors used, which are used for; one motor drum drive, one motor trolley drive and two motors for girder drive.

Keywords: ***10 ton overhead crane. double girders. Crane Vibration Analysis***

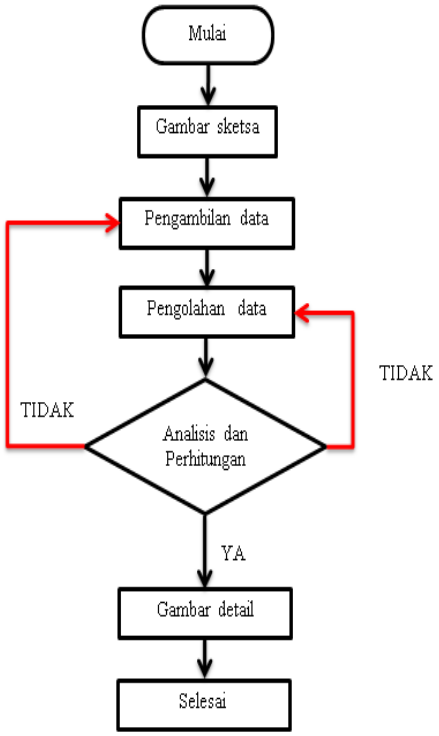
1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya zaman, produksi yang dilakukan oleh suatu industri dituntut semakin cepat dengan kapasitas yang semakin besar. Oleh karena itu, dalam dunia industri sekarang membutuhan alat bantu untuk memindahkan dan mengangkat barang, mulai dari yang sederharana (konvensional) sampai yang menggunakan teknologi otomatis [1-3]. Saat ini, *overhead crane* merupakan *crane* yang sering digunakan di *workshop* industri manufaktur sebagai alat bantu untuk penataan barang di gudang, pemindahkan barang dari satu *workstation* ke *workstation* berikutnya, proses produksi, serta perbaikan produk. Sehingga *crane* memiliki peran besar dalam produktifitas industri manufaktur. Jika *crane* yang digunakan tidak sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan pada industri maka produksi yang ada pada industri tersebut akan mengalami kerugian

karena tidak dapat memindahkan produk tesebut. Jika terjadi kegagalan pada struktur *crane* maka dapat menyebabkan kerusakan pada perusahaan dan membahayakan para pekerja [4,5]. Hal tersebut tentunya akan memakan biaya yang besar, sehingga diperlukan *overhead crane* yang dapat digunakan sesuai kebutuhan, aman, dan tahan lama atau tidak mudah rusak. Sehingga biaya yang diperlukan lebih ekonomis.

Berdasarkan hal diatas, untuk mendapatkan hasil yang sempurna dengan kapasitas yang besar maka diperlukan *overhead crane* yang memadai sesuai kebutuhan industri. Industri yang bergerak bidang konstruksi tempat penelitian dilakukan mempunyai *over head crane* dengan kapasitas 5 ton. Sedangkan pekerjaan dan jenis proyek yang di kerjakan sesuai dengan pesanan maka membutuhkan kapasitas *overhead crane* kapasitas 10 ton supaya pekerjaan terus berjalan, oleh karena itu dibutuhkan analisa kekuatan dan getaran pada *overhead crane* dengan kapasitas 10 ton.

2. Metode Penelitian



.

Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Langkah langkah dalam perancangan *crane* adalah sebagai berikut:

1. Mulai

   Setelah diputuskan untuk memenuhi kebutuhan dan merancang *Overhead Crane* 10 Ton maka segera dimulai perancangannya dan di tugaskan orang-orang yang menangani perancangaan tersebut.

2. Gambar sketsa

   Pada langakah gambar sketsa akan dimulai dengan menggambar *crane* dengn gambar isometrik. Pada gambar isometrik ini yang di gambar adalah bentuk *crane* dan menjelaskan lebar bentangan, panjang pejalanan traveling *crane* tinggi angkat *crane*.

3. Pengambilan data

   Langkah pengambilan data yang dimaksud adalah, pengumpulan data-data yang di pergunakan dalam perancangan.

4. Pengolahan data

   Setelah data di kumpulkan data tersebut di olah dalam segi ekonomisnya, penyedia barang dan lain-lain.

5. Analisis perhitungan

   Pada langkah perhitungan ini dilakukan perhitungan dari data yang dikumpulkan. Pada langkah perhitungan ini juga ditentukan untuk spesifikkasi yang akan disediakan dalam pembuatan *Overhead crane*. Seperti Girder, daya motor, kekuatan tali baja, kekuatan roda, kekuatan kait dan lain-lain.

   Jika pada perhitungan tidak sesuai dengan yang akan dibutuhkan maka ada 2 (dua) opsi langkah yang harus dilakukan. Dua langkah tersebut adalah :

   a. Ditinjau ulang lagi pengambilan data supaya supaya hasil perhitungan sesuai dan bisa dilakukann penggambaran detail,

b. Ditinjau ulang lagi gambar sketsa dimana gambar bentuk dapat di tinjau ulang supaya hasil perhitungan layak daan bisa dilalukkan penggambaran detail.

6. Gambar detail

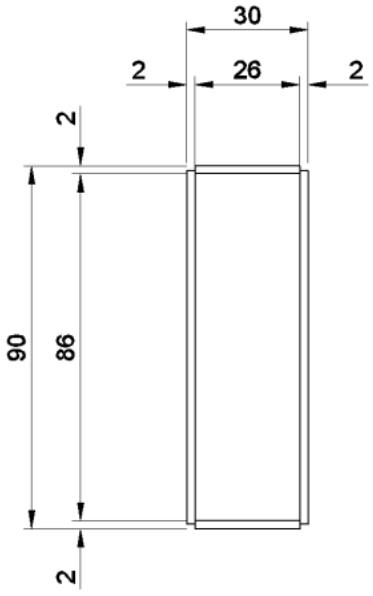
Setelah semua perhitungan layak dan sudah sesuai maka akan dilakukan penggambaran detail. Pada penggambaran detail ini hasil ahirnya adalah gambar detail yang sudah layak untuk dilakukannya pekerjaan perakitan atau pembuatan *Overhed crane* tersebut.

7. Selesai

Setelah gambar detail selesai perancangan telah selesai, jika dilanjutkan dengan manufaktur atau pembuatan *overhead crane* maka akan dilanjutkan dengan proses pabrikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Girder



Gambar 1 *Welded Box Profile*

Dari dasar teori, untuk mencari momen inersia pada sumbu x

$$I_{xx} = \frac{B.H^3}{12} - \frac{b.h^3}{12} \qquad (1)\ [6]$$

$$= \frac{30\text{ cm x }90\text{ cm}^3}{12} - \frac{26\text{ cm x }86\text{ cm}^3}{12}$$

$$= \frac{30\text{ cm x }729.000\text{ cm}^3}{12} - \frac{26\text{ cm x }636.056,\text{ cm}^3}{12}$$

$$= 1.822.500\text{ cm}^4 - 1.378.121,33\text{ cm}^4$$

$$= 444.378,67\text{ cm}^4$$

Untuk mencari momen inersia pada sumbu y menggunakan persamaan 2.3 dari dasar teori

$$I_{yy} = \frac{H.B^3}{12} - \frac{h.b^3}{12} \qquad (2)$$

$$= \frac{90\text{ cm x }30\text{ cm}^3}{12} - \frac{86\text{ cm x }26\text{ cm}^3}{12}$$

$$= \frac{90\text{ cm x }27.000\text{ cm}^3}{12} - \frac{86,8\text{ cm x }17.576\text{ cm}^3}{12}$$

$$= 202.500\text{ cm}^4 - 125.961,33\text{ cm}^4$$

$$= 76.538,67\text{ cm}^4$$

Untuk mencari modulus section pada sumbu x menggunkan peramaan 2.4 dari dasar teori

$$W_{xx} = \frac{B.H^2 - b.h^2}{6} \quad cm^3 \qquad (3)\ [7]$$

$$= \frac{30\text{ cm x }90\text{ cm}^2 - 26\text{ cm x }86\text{ cm}^2}{6}$$

$$= \frac{30\text{ cm x }8.100\text{ cm}^2 - 26\text{ cm x }7.396\text{ cm}^2}{6}$$

$$= 8.451\text{ cm}^3$$

Tegangan satuan akibat momen lentur.

Dari dasar teori untuk mencari tagangan satuan akibat beban utama

$$\sigma b = \frac{\varphi M_q + \mu M_p}{W_{xx}} \quad kg/cm^2 \text{x} \qquad (4)\ [7]$$

Untuk mencari momen lentur maksimal akibat berat girder menggunakan persamaan 2.6 dari dasar teori

$$M_q = G\,\frac{l}{8} \qquad ton.meter \qquad (5)\ [8]$$

$= 6{,}2 \ \frac{17}{8}$

= 13,175000 ton.meter

= 13.175.000 kg.cm

Untuk mencari momen lentur maksimal akibat berat beban utama menngunakan persamaan 2.7 dari dasar teori

$$M_p = \frac{P}{2l}\left(l - \frac{b}{2}\right)^2 \quad ton.meter \qquad (6)\ [8]$$

$$= \frac{3}{2 \text{ x } 17}\left(17 - \frac{2}{2}\right)^2$$

$$= \frac{3}{34}\left(17 - \frac{2}{2}\right)^2$$

= 0,09 x 256

= 22,59 ton.meter

= 2.258.823,53 kg.cm

Maka

$$\sigma b = \frac{\varphi M_q + \mu M_p}{W_{xx}} \quad kg/cm^2 \qquad (7)\ [7]$$

$$= \frac{1{,}1 \text{ x } 1.317.500 \text{ kg.cm} + 1{,}2 \text{ x } 2.258.823{,}53 \text{ kg.cm}}{8.450{,}67 \text{ cm}^3}$$

$$= \frac{4.159.838{,}24 \text{ kg.cm}}{8.450{,}67 \text{ cm}^3}$$

= 492,25 kg/cm^2

= 4,9225 kg/mm^2

= 49,22 N/mm^2

Tegangan ijin bahan dibagi *safety factor* harus lebih besar dari tegangan lentur yang aktual atau ditulis seperti persamaan di bawah.

$$\sigma a = \frac{\sigma b_{ijin}}{sf} > \sigma b \qquad (8)\ [7]$$

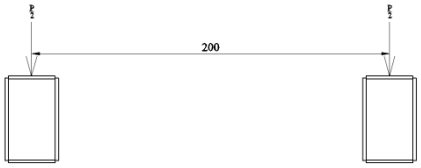
σb bahan SS400 = 400-510 N/mm^2

sf (safety factor) = 6

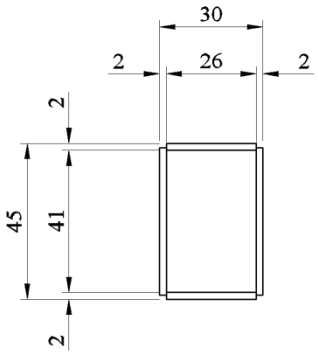
$$\sigma a = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{6} > 49{,}22 \text{ N/mm}^2$$

= 66,67 N/mm^2 > 49,22 N/mm^2 → Aman

Untuk mencari double girder maka beban maksimal (*P*) di bagi dengan dua.



Gambar 3 tampak samping girder tegangan geser kritis



Gambar 4 Gambar penampang girder tegangan geser kritis

Maka tegangan geser kritis adalah

$$\tau = \frac{P}{A} \qquad (9)\ [8]$$

$$= \frac{9.050 \text{ kg}}{1.335 \text{ cm}^2}$$

= 6,82 kg/cm^2

= 0,068 kg/mm^2

= 0,68 N/mm^2

Untuk memenuhi syarat dimana, tegangan geser bahan dibagi sefaty faktor harus lebih besar dari tegangan geser yang terjadi maka;

$$\tau a = \frac{\tau_{ijin}}{sf} > \tau \qquad (10)\ [8]$$

τ_{ijin} = 210 Mpa = 210 N/mm^2

sf = 6

$\tau a = 210$ N/mm26 > 0,68 N/mm^2

= 35 N/mm^2 > 0,68 N/mm2 → Aman

Tinjauan dari kekakuan

$$\frac{l}{\delta} = 900 \quad cm \approx \delta_{ijin}$$

$$\delta_{ijin} = \frac{l}{900} \quad cm$$

$$= \frac{1.700}{900}$$

= 1,89 cm

Perhitungan Motor

Pada perancangan motor yang digunakan ada 3 bagian sesuai dengan fungsinya masing-masing. Diantaranya adalah motor penggerak drum, motor penggerak trolli (untuk gerakan *tranversing*), motor penggerak girder (gerakan *traveling*)

1. Motor penggerak drum

Perencanaan ini direncanakan tenaga penggerak menggunakan tenaga daya motor listrik dengan kecepatan angkat 10m/menit. Untuk mencari daya motor yang digunakan menggunakan persamaan 2.36 dari dasar teori.

$$N_p = \frac{Qv}{75\,\eta_e} \quad hp \qquad (11)$$

v = 10 m/menit = 0.17 m/det

$$N = \frac{12.000 \text{ kg x } 0.17 \text{ meter/detik}}{75 \text{ x } 0{,}8}$$

= 33,33 Hp

Untuk mengetahui daya motor yang akan digunakan dengan efesiensi tertentu menggunakan persamaan 2.38 dari teori dasar. Pada perncangan ini efesiensi motor (η_{mot}) diperhitungkan sekitar 75 % atau 0,75. Sehingga daya motor adalah;

$$N_{mot} = \frac{N_p}{\eta_{mot}} \quad hp \qquad (12)$$

$$= \frac{33.33 \text{ Hp}}{0{,}75}$$

= 44,44 Hp ≈ 45 Hp

Untuk menentukan daya listrik yang digunakan untuk motor pengangkat 1 Hp = 745,7 watt. Maka untuk motor dengan daya 45 Hp, listrik yang akan dipersiapkan untuk motor tersebut adalah:

$N_{listrik}$ = 45 Hp x 745,7 watt

= 33556,5 watt

= 33,56 kW

2. Motor penggerak trolli

Perencanaan ini direncanakan tenaga penggerak menggunakan tenaga daya motor listrik dengan kecepatan jalan 10m/menit. Untuk mencari daya motor yang digunakan menggunakan persamaan 2.37 dari dasar teori.

$$N_p = \frac{Wv}{75\,\mu} \quad hp \qquad (13)$$

Dengan v = 10 m/menit = 0.17 m/det

μ = koefisien baja dengan baja = 0,15

$$N = \frac{12.200 \text{ kg x } 0.17 \text{ meter/detik}}{75 \text{ x } 0{,}15}$$

= 36,64 Hp

Untuk mengetahui daya motor yang akan digunakan dengan efesiensi tertentu menggunakan persamaan 2.38 dari teori dasar. Pada perancangan ini efesiensi motor (η_{mot}) diperhitungkan sekitar 75 % atau 0,75. Sehingga daya motor adalah;

$$N_{mot} = \frac{N_p}{\eta_{mot}} \quad hp \qquad (14)$$

$$= \frac{36{,}64 \text{ Hp}}{0{,}75}$$

= 48,84 Hp ≈ 50 Hp

Untuk menentukan daya listrik yang digunakan untuk motor pengangkat 1 Hp = 745,7 watt. Maka untuk motor dengan daya 50 Hp, listrik yang akan dipersiapkan untuk motor tersebut adalah:

$N_{listrik}$ = 50 Hp x 745,7 watt

= 37.285 watt

= 37,285 Kw

Motor penggerak girder

Perencanaan ini direncanakan tenaga penggerak menggunakan tenaga daya motor listrik dengan kecepatan jalan 10m/menit. Untuk mencari daya motor yang digunakan

$$N_p = \frac{Wv}{75\,\mu}\ hp \qquad (15)$$

Dengan W = 18200

v = 10 m/menit = 0.17 m/det

μ = koefisien baja dengan baja = 0,15

$$N = \frac{18.200 \text{ kg x } 0.17 \text{ meter/detik}}{75 \text{ x } 0,15}$$

= 54,65 Hp

Pada perancangan ini gerakan traveling menggunakan dua buah motor sehingga N motor dibagi dengan dua

$$N_p = \frac{54,65}{2}\ hp$$

= 27,33 hp

Untuk mengetahui daya motor yang akan digunakan dengan efesiensi tertentu menggunakan persamaan 2.38 dari teori dasar. Pada perancangan ini efesiensi motor (η_{mot}) diperhitungkan sekitar 75 % atau 0,75. Sehingga daya motor adalah;

$$N_{mot} = \frac{N_p}{\eta_{mot}}\ hp \qquad (16)$$

$$= \frac{27,33\text{Hp}}{0,75}$$

= 36,44 Hp ≈ 40 Hp

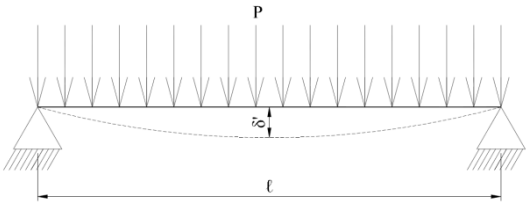
Untuk menentukan daya listrik yang digunakan untuk motor pengangkat 1 Hp = 745,7 watt. Maka untuk motor dengan daya 50 Hp, listrik yang akan dipersiapkan untuk motor tersebut adalah:

$N_{listrik}$ = 2 x 40 Hp x 745,7 watt

= 59.656 watt

= 59,656 Kw

Menghitung defleksi pada girder akibat beratnya sendiri



Gambar 5 crane akibat berat girder itu sendiri

Untuk menghitung defleksi pada girder akibat beratnya sendiri menggunakan

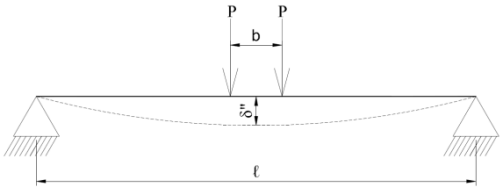
$$\delta' = \frac{5Ql^3}{384\ .\ E\ .\ I} \qquad (17)$$

$$= \frac{5\text{x } 6.200 \text{ kg x } 1.700 \text{ cm}^3}{384 \text{ x } 2.100.000 \text{ kg/cm}^2 \text{ x } 444.378,67 \text{ cm}^4}$$

$$= \frac{152.303.000.000.000 \text{ kg . cm}^3}{358.346.956.800.000 \text{ kg . cm}^2}$$

= 0,43 cm

Menghitung defleksi pada girder akibat berat kapasitas beban



Gambar 6 Defleksi girder akibat berat kapasitas angkat

Untuk menghitung defleksi pada girder akibat berat kapasitas beban yang diangkat (P) menggunakan persamaan 2.10 dari dasar teori. Pada perancangan ini dimana dirancang dengan double girder maka P dibagi dengan 2

$$\delta'' = \frac{P}{48\ .\ E.\ I}(l\text{-}b)\left[l^2+(l+b)^2\right] \qquad (18)$$

$$= \frac{6.000 \text{ kg}}{48 \text{ x } 2.200.200 \text{ kg/cm}^2 \text{ x } 444.378,67 \text{ cm}^4}$$

$$(1.700 - 200)\left[1.700^2+(1.700+200)^2\right] \text{ cm}^3$$

= 1,31 cm

Defleksi total adalah

$\delta = \delta' + \delta''$

= 0,43 cm + 1,31 cm

= 1,73 cm

Defleksi ijin harus lebih besar defleksi total $\delta_{ijin} > \delta$

1,89 cm > 1,81 cm → Aman

Frekuensi natural yang terjadi pada girder,

Akibat berat sendiri k_1

$$k_1 = \frac{w}{\delta'} \qquad (19)$$

$$= \frac{62.000 \text{ N}}{4{,}25\text{x}10^{-3} \text{ m}}$$

= 14.587.704,33 N/m

Akibat berat beban k_2

$$k_2 = \frac{F}{\delta''} \qquad (20)$$

$$= \frac{60000 \text{ N}}{13{,}05 \text{ x } 10^{-3} \text{ m}}$$

= 4.594.191,75 N/m

k_1 dan k_2 merupakan sistem paralel maka k_{gab1}

$k_{gab1} = k_1 + k_2$

= 14.587.704,33 N/m + 4.594.191,75 N/m

= 19.181.896,08 N/m

Karena perancangan menggunakan double girder makan kgab1 di kalikan dengan dua maka k_{gab} untuk gierder adalah:

k_{gab2} untuk gierder = 19.181.896,08 N/m x 2

= 38363792,16 N/m

Akibat tali baja k_3

$$k_3 = \frac{E \cdot A}{\ell} \qquad (20)$$

E tali baja = 210 GPa = 21.000.000 kg/cm^2

$A = \pi . r^2$

= 3,14 x 0,87 cm

= 2,38 cm

= 0,028 m

$$k_3 = \frac{21\text{x}10^{10} \text{ N/m}^2 \text{ x } 0{,}024 \text{ m}^2}{10 \text{ m}}$$

= 499.353.010,70x N/m

k_{gab2} dan k_3 merupakan sistem seri maka

$$k_{gab} = \frac{1}{\frac{1}{k_{gab\,2}} + \frac{1}{k_3}} \qquad (21)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{38363792{,}16 \text{ N/m}} + \frac{1}{499.353.010{,}70 \text{ N/m}}}$$

= 35.626.699,81 N/m

Persamaan geraknya = $m\ddot{X} + k\,x = 0$

Sehingga

$$\omega n = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (22)$$

$$= \sqrt{\frac{35.626.699{,}81 \text{ N/m}}{18.200 \text{ kg}}}$$

= 44,24 rad/s

Frekuensi Natural fn adalah:

$$f_n = \frac{\omega n}{2\pi} \qquad (23)$$

$$= \frac{44{,}24 \text{ rad/s}}{2 \text{ x } 3{,}14}$$

= 7,04 Hz (1/s)

Waktu 1 Periode T adalah

$$T = \frac{1}{f_n} \qquad (24)$$

$$= \frac{1}{7{,}04 \text{ Hz}}$$

= 0,14 s

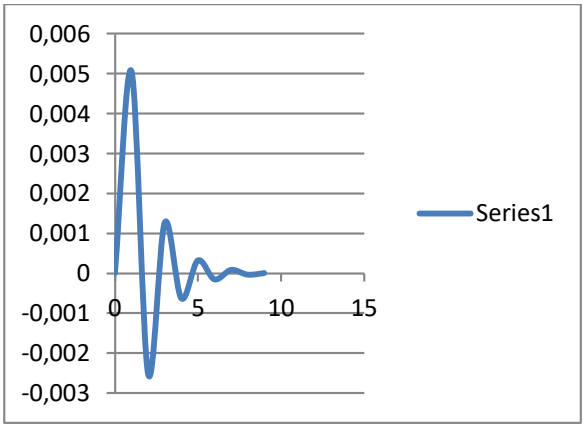
Gambar Model Getaran

$$X = \frac{P}{k} \qquad (25)$$

$$= \frac{182.000 \text{ N}}{35626699{,}81 \text{ N/m}}$$

= 0,0051 m

= 0,51 cm



.Gambar 7 Hasil Simpangan Getaran

Gambar diatas menunjukan hasil simpangan getaran akibat beban dan gerakan motor

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan dan pembahasan bahan yang digunakan dalam perancangan *overhead Double girder crane* adalah;

1. Struktur yang digunakan atau Gider dan end carriage menggunakan *welded box profile* dengan ukuran masing-masing;
   a) Girder menggunakan *welded box profile* dengan ukuran: 900x300x20x20,
   b) End carriage untuk gerakan traveling menggunakan *welded box profile* dengan ukuran: 420x200x20x16,
   c) End carriage untuk gerakan menggunakan traversing *welded box profile* dengan ukuran: 250x150x16x16.
2. Mekanisme *hoisting* overhead crane membutuhkan spesifikasi;
   a) Tali baja membutuhkan tipe 6x36 Warington seale + 1 fiber core, umur tali baja samapai 10.3 bulan.
   b) Puli yang dibutuhkan dengan diameter D = 400 mm dan puli konpensasi D= 160 mm
   c) Drum yang dibutuhkan dengan diameter D = 400 mm dan panjang minimal 1.064 mm
   d) Kait yang dibutuhkan kait dengan diameter tangkai M64 panjang ulir minimal 3,8 mm dengan jenis kait terbuat dari baja 20
3. Mekanisme motor
   a) Untuk motor penggerak drum membutuhkan motor dengan daya N = 45 hp
   b) Untuk motor penggerak trolli membutuhkan motor dengan daya N = 50 hp
   c) Untuk motor penggerak girder membutuhkan 2 buah motor dengan masing-masing daya N = 40 Hp

Daftar Pustaka

[1] Rudenko N, 1992, *Mesin Pengangkat*, Erlangga, Jakarta
[2] Oentong, 2000, *Konstruksi Baja*, Edisi kedua, Universitas Kristen Petra, surabaya
[3] Agus setiawan, 2015, *Analisis Struktur* Erlangga, Jaarta.
[4] Tungga Bhimadi karyasa, 2011, *Dasar-dasar Getaran Mekanis*, C.V ANDI OFFSET, Yokyakarta.
[5] Ir. Sunggono kh, 1984, *TEKNIK SIPIL*, NOVA, Bandung
[6] Drs. Daryanto, 1992, *ALAT PESAWAT PENGANGKAT*, PT. RINEKA CIPTA, Jakarta
[7] Ayzam Sunainah dan I Nyoman Sutantra, Analisis dan *Redesign* Kekuatan Struktur pada *Girder Overhead Crane* 6.3 Ton, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 7, No. 1 (2018), 2337-3539 (2301-9271 Print)
[8] Syamsurrijal RAMDJA PERANCANGAN TALI BAJA (SLING) *CRANE* DENGAN KAPASITAS ANGKAT 10 TON, Volume 4, Nomor 7, Juni 2007 ISSN: 1411-0296