

PERANCANGAN SEMI GANTRY CRANE KAPASITAS 10 TON DENGAN BANTUAN SOFTWARE

Joseph Rama Wiratama¹⁾ dan Soeharsono²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

²⁾ Jurusan Teknik Mesin Universitas Trisakti

e-mail: joseph_thephoenix@yahoo.com

Abstract: Indonesia which is an archipelago country has a lot of harbour for conveying and delivering goods which is stored in container from one island to another island. Containers are very heavy so that required a strong and stable lifting machine, also have a good performance and safety. Semi gantry crane as one of the example of lifting machine is designed using assistance of software for that purpose.

Keywords: harbour, container, semi gantry crane

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai sebuah Negara Kepulauan karena memiliki pulau berjumlah 17.504 buah berdasarkan data Departemen Dalam Negeri Republik Indonesia tahun 2004. Hal ini menyebabkan pulau-pulau di Indonesia memiliki banyak pelabuhan sebagai salah satu sarana transportasi antar pulau. Salah satu kegiatan yang dapat diamati di pelabuhan adalah pengangkutan barang dalam jumlah banyak yang tersimpan di dalam peti kemas (*container*) dengan menggunakan kapal laut. Peti kemas tidak mudah untuk dipindahkan karena selain berat juga memiliki ukuran yang besar. Sehubungan dengan hal ini, maka diperlukan sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengangkat dan memindahkan peti kemas. Alat tersebut adalah *crane*.

Crane terdiri dari lima jenis utama. Salah satu dari kelima jenis tersebut adalah *crane* tipe jembatan. Kelompok *crane* tipe jembatan terdiri atas *crane* yang berjalan pada gelagar-rangka dan yang bergerak pada jalur rel yang dibentang pada dinding bangunan atau di permukaan tanah. Untuk rel yang dibentangkan di permukaan tanah, jembatan dilengkapi dengan kaki pendukung yang dipasang pada kedua sisi jembatan (*gantry crane*) atau hanya pada satu sisi jembatan (*semi gantry crane*).

Pada perancangan *semi gantry crane* berkapasitas 10 ton ini akan dilakukan pengujian dengan bantuan *software Autodesk Inventor Professional 2012* agar diperoleh desain yang stabil, kuat, dan aman. Semua faktor-faktor tersebut perlu diperhatikan mengingat bahaya yang timbul dari kerusakan mesin dimana kerusakan tersebut dapat menyebabkan muatan yang sedang diangkat jatuh sehingga mengakibatkan kerusakan pada muatan serta mengancam jiwa manusia.

Permasalahan selalu timbul dalam setiap penelitian sehingga perlu dilakukan identifikasi masalah untuk memudahkan proses penelitian. Permasalahan yang ditemui pada perancangan ini antara lain: dimensi, material yang digunakan dan kekuatan dari tiap komponen *crane* stabilitas struktur rangka; serta daya dari motor penggerak yang digunakan. Agar pembahasan yang dilakukan tidak meluas, maka diperlukan batasan-batasan masalah seperti: kapasitas angkat muatan 10 ton; *span* dari *crane* 15 m; tinggi angkat muatan 8 m; dan komponen yang dirancang adalah tali baja, sistem puli, drum, kait, batang lintang kait, serta struktur rangka yang menggunakan bantuan *software*.

Kemudian setelah melakukan identifikasi dan membuat batasan masalah, maka rumusan masalah yang didapat adalah merancang komponen-komponen *crane* yang meliputi: tali baja; sistem puli; drum; kait; batang lintang kait; struktur rangka *crane*; dan menghitung daya motor penggerak yang dibutuhkan. Lalu tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan rancangan *crane* yang kuat, stabil, dan aman serta dapat beroperasi dengan baik.

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan *Hoist*

Tali baja

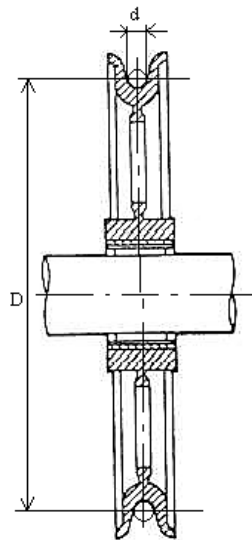
Tali baja digunakan secara luas pada mesin-mesin pengangkut sebagai perangkat untuk mengangkat dan menurunkan muatan serta memindahkan gaya. Tali baja adalah tali yang dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat-serat baja dengan kekuatan $\sigma_b = 1275,3 \text{ N/mm}^2$ sampai 1962 N/mm^2 . Beberapa serat dipintal hingga menjadi satu jalinan (*strand*), kemudian beberapa *strand* dijalin pula pada suatu inti (*core*) sehingga membentuk tali baja.

Kerusakan pada rantai akan terjadi tiba-tiba sedangkan pada tali baja, kawat pada bagian luar akan mengalami kerusakan yang lebih parah dan putus lebih dahulu dibandingkan dengan bagian dalam. Sehingga bila bagian luar tali kawat mulai terputus-putus maka itu adalah pertanda bahwa umur tali baja tersebut tidak lama lagi dan perlu segera diganti. Harga tali baja lebih murah dibandingkan dengan rantai, tetapi memerlukan diameter drum yang lebih besar sehingga mekanisme pengangkat lebih besar dan berat.

Kerusakan tali baja disebabkan oleh kelelahan bahan dan mengalami jumlah lengkungan tertentu. Umur pakai tali tergantung pada ukuran puli atau drum, beban, konstruksi tali, faktor metalurgi, produksi, desain, dan kondisi operasi. Ketahanan (batas kelelahan) tali baja ditentukan berdasarkan umur operasi tali baja tersebut.

Puli

Puli atau katrol adalah cakra (*disc*) yang dilengkapi dengan tali, merupakan kepingan bundar yang terbuat dari logam ataupun non-logam [2]. Pinggiran cakra diberi alur yang berfungsi sebagai laluan tali untuk memindahkan gaya dan gerak seperti tampak di Gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi puli [1]

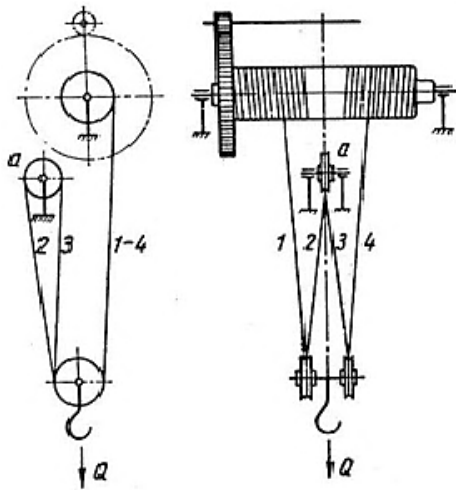
Sistem puli yang digunakan adalah sistem puli majemuk dengan empat buah puli yang menyangga muatan seperti tampak pada Gambar 2. Sistem puli ini mampu membawa muatan hingga 25 ton. Untuk dapat berputar dan mengurangi gesekan, maka puli dipasang pada gandar yang didukung oleh bantalan luncur. Bahan untuk gandar puli yang digunakan adalah baja S45C.

Jumlah lengkungan untuk sistem puli pada Gambar 2 adalah $(NB) = 3$, sebagaimana dijelaskan pada Gambar 3.

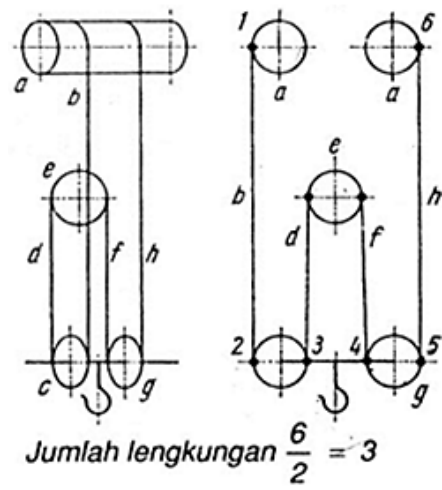
Drum

Drum pada mekanisme pengangkat digunakan untuk menggulung tali. Drum untuk menggulung tali baja terbuat dari besi cor. Untuk drum yang digerakkan dengan mesin maka drum

dilengkapi dengan alur spiral, sehingga tali akan tergulung secara merata dan mengurangi gesekan serta keausan. Pada perancangan ini, drum memiliki dua alur spiral, yaitu alur spiral kiri dan alur spiral kanan. Dinding drum akan mengalami tegangan tekan, dimana nilai yang diizinkan untuk besi cor tidak boleh melebihi $98,1 \text{ N/mm}^2$ [1].



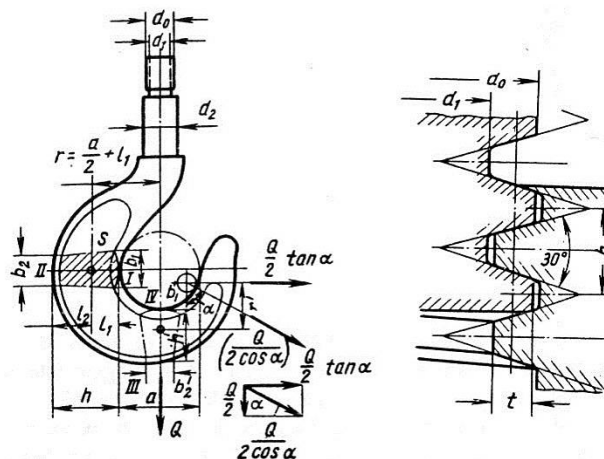
Gambar 2. Sistem puli yang digunakan [1]



Gambar 3. Jumlah lengkungan tali baja [1]

Kait

Kait adalah perlengkapan yang digunakan untuk menggantung muatan yang diangkat. Pada ujung tangkai kait terdapat ulir yang digunakan untuk mengikat bantalan aksial agar kait tersebut dapat berputar seperti diperlihatkan di Gambar 4.

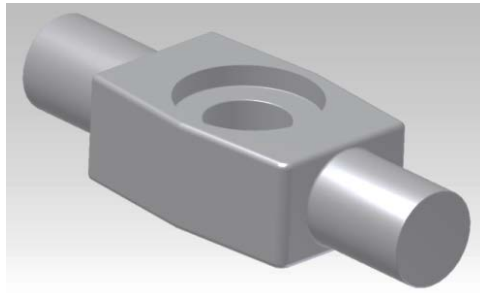


Gambar 4. Kait tunggal dengan ulir trapesium [1]

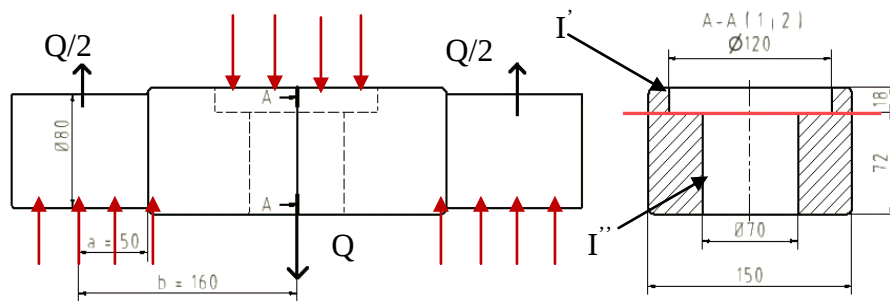
Kait dibuat dengan cara ditempa pada cetakan rata atau tertutup. Kait standar dapat mengangkat muatan sampai 50 ton. Bagianudukan kait selain mengalami tegangan geser (τ), juga mengalami tegangan tarik satuan (σ_t) yang terjadi pada bagian penampang terdalam kait (penampang I) dan tegangan tekan satuan maksimum yang terjadi pada bagian terluar kait (penampang II). Nilai kedua tegangan satuan maksimum tersebut tidak boleh melebihi tegangan aman $147,15 \text{ N/mm}^2$ untuk baja 20 [1].

Batang lintang kait

Pembuatan model untuk batang lintang kait dibantu oleh *software Autodesk Inventor Professional 2012* dengan tujuan untuk memudahkan proses perhitungan tegangan yang terjadi akibat gaya yang dihasilkan oleh muatan yang diangkat.



Gambar 5. Model batang lintang kait



Gambar 6. Dimensi utama batang lintang kait

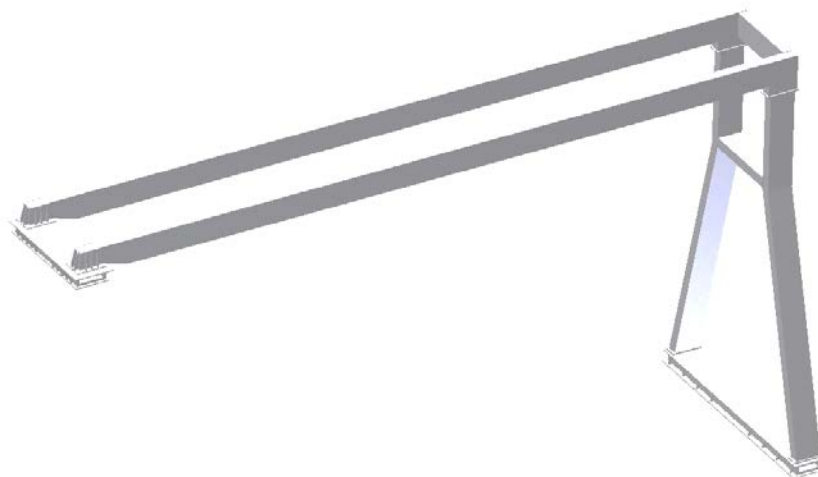
Perancangan Struktur Rangka

Pemodelan tiap komponen

Pada tahap ini, dilakukan proses pemodelan dari masing-masing komponen struktur rangka yang meliputi *girder*, *beam*, sambungan *gantry*, *gantry*, *bottom wheel*, dan *upper wheel* dengan menggunakan *software*.

Assembly komponen

Setelah semua komponen selesai dibuat, maka dilakukan proses *assembly* atau perakitan komponen. Gambar hasil *assembly* dapat dilihat pada Gambar 7.

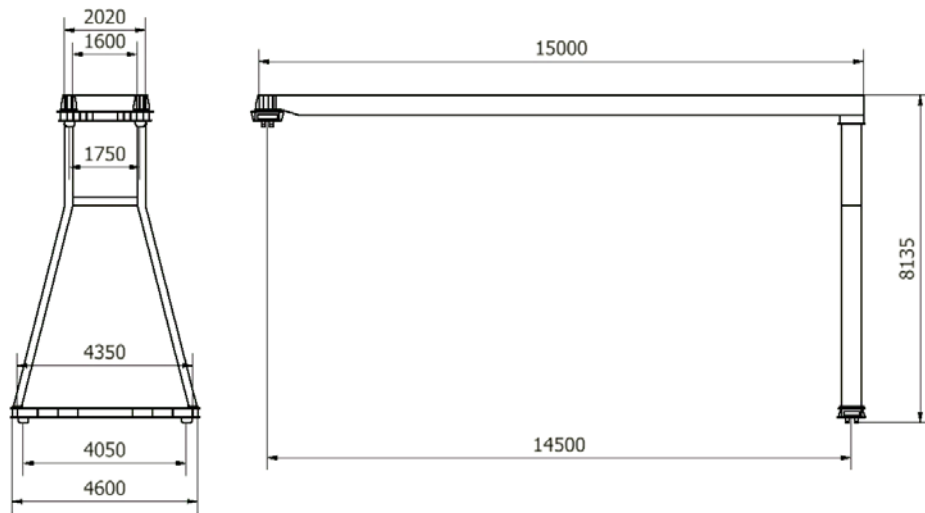


Gambar 7. Model semi gantry crane

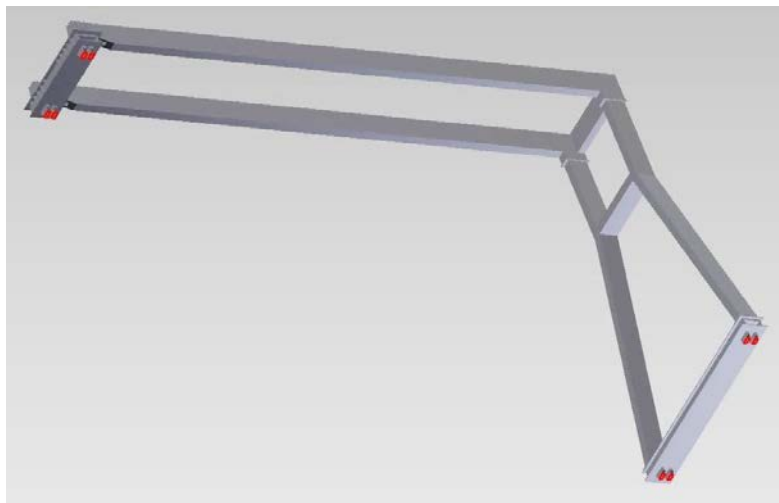
Stress analysis

Stress analysis dilakukan untuk menguji kekuatan dari model yang telah dirancang terhadap pembebanan. Jenis *stress analysis* yang dilakukan adalah *static analysis*. Langkah pertama yang perlu dilakukan sebelum memulai simulasi adalah pemilihan material. Material yang digunakan adalah *Steel, High Strength Low Alloy*. Kemudian langkah kedua adalah pemilihan *constraint*.

Constraint yang digunakan adalah *fixed constraint*. Bidang yang dijadikan *constraint* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Dimensi utama *semi gantry crane*



Gambar 9. Bidang yang dijadikan *constraint*.

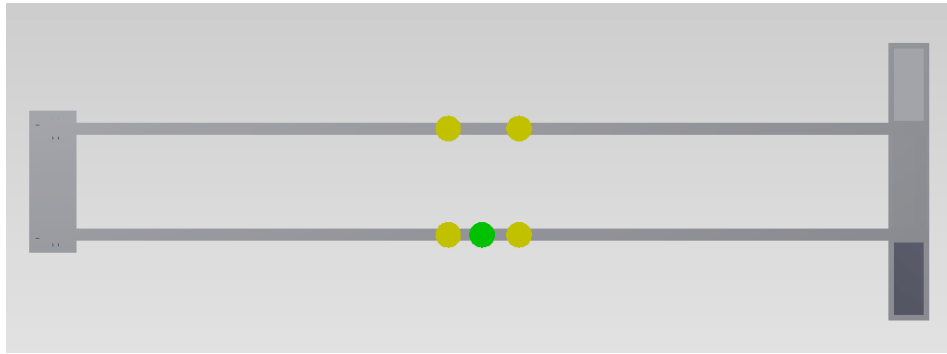
Lalu langkah terakhir adalah pemberian beban kepada model. Beban yang dialami oleh model adalah pembebanan akibat muatan 11000 kg yang diangkat, dimana beban tersebut memiliki nilai 107910 N. Selain akibat beban muatan yang diangkat, terdapat pula beban akibat berat model itu sendiri yang dipengaruhi oleh gravitasi. Gaya gravitasi pada model dapat dilihat pada lingkaran yang memiliki warna hijau.

Pembebanan yang terjadi dibagi menjadi empat bagian dengan nilai masing-masing beban adalah 26977,5 N, karena diasumsikan beban terdistribusi secara merata ke semua roda *trolley* yang berjumlah empat. Pembebanan pada gambar 10 dilakukan dengan mengambil jarak 600 mm (horizontal) dari titik tengah bidang dan 1800 mm untuk jarak antarbeban secara vertikal.

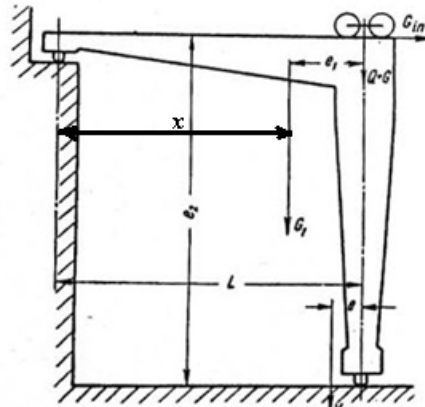
Pembebanan dilakukan juga pada bagian kiri dan kanan *girder* dengan mengambil jarak sebesar 600 mm.

Stabilitas

Diasumsikan pada Gambar 11 bahwa *trolley crane* berada pada kedudukan terujung, arah gaya akibat muatan Q dan *trolley* G_0 akan melewati tepat pada bagian bawah rel.



Gambar 10. Pembebanan di bagian tengah *girder*

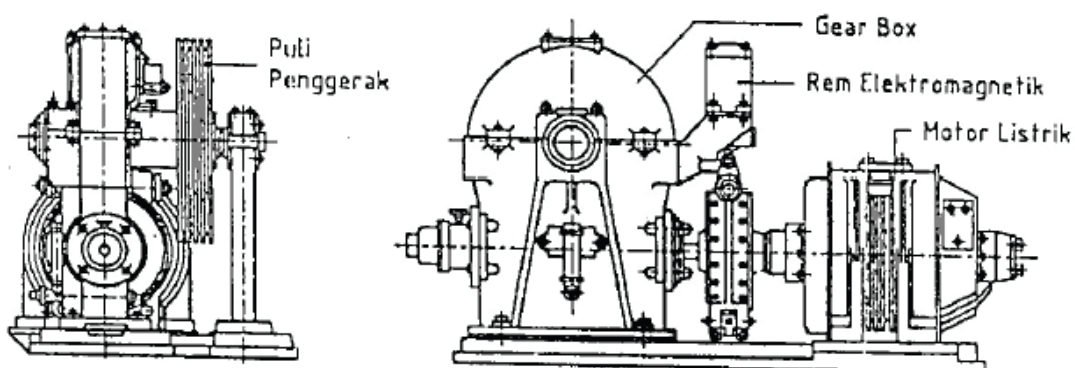


Gambar 11. Diagram untuk memeriksa stabilitas struktur rangka [1]

Maka, dengan menandai bobot rangka *crane* dengan G_1 dan gaya inersia ketika *trolley* direm G_{in} , didapatkan jarak antara resultan $V (= Q + G_0 + G_1)$ dan sumbu rel penumpu.

Daya Motor

Pada perancangan ini digunakan tenaga penggerak dengan daya yang berasal dari motor listrik untuk gerakan *hoist*, gerakan *trolley*, dan gerakan *gantry*. Gambar diagram motor listrik untuk gerakan *hoist* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Motor listrik untuk gerakan *hoist* [5]

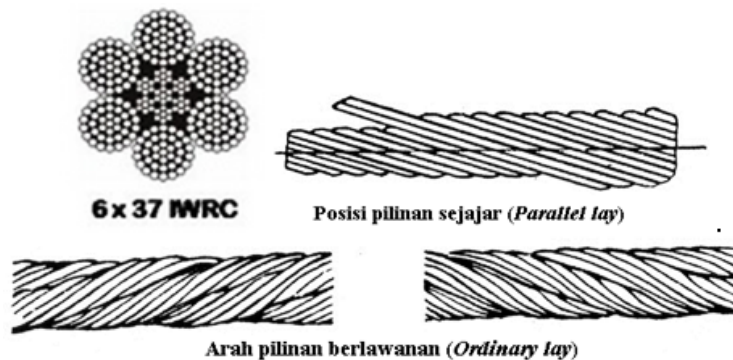
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan *Hoist*

Tali baja

Tipe konstruksi tali baja yang digunakan adalah 6x37 IWRC - *Steel Core Grade G* dengan arah pilinan berlawanan (*ordinary lay*) dan posisi pilinan sejajar (*parallel lay*). Susunan tali baja

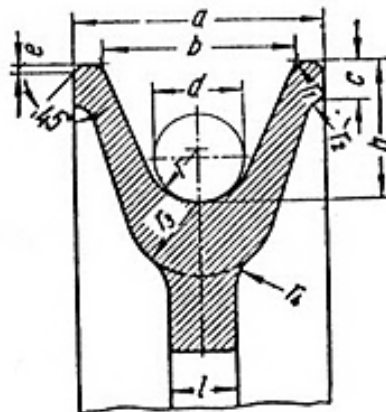
jenis ini terdiri dari 6 *strand* yang masing-masing terdiri dari 37 kawat berdiameter sama dengan *core* dari IWRC (*Independent Wire Rope Core*) - *Steel Core*. Tali baja memiliki diameter (d) = 18 mm; berat tali (W) = 1,29 kg/m; beban patah (P_b) = 174618 N; dan tegangan patah (σ_b) = 1471,5 N/mm².



Gambar 13. Konstruksi tali baja [1]

Puli

Puli untuk perancangan ini menggunakan puli yang memiliki diameter 420 mm yang terbuat dari besi cor. Diameter roda puli untuk tali berdiameter 18 mm dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 14. Dimensi roda puli [1]

Tabel 1. Dimensi roda puli (mm)

Diameter tali	a	b	c	e	h	l	r	r_1	r_2	r_3	r_4
18	50	37	9	1,4	28,5	13,5	11	5	4,5	15,5	9,5

Drum

Diameter drum pada perancangan ini sama dengan diameter puli yaitu $D_{min} = 420$ mm dan memiliki panjang total 850 mm serta tebal dinding drum yang terbuat dari besi cor adalah 20 mm. Drum memiliki alur heliks dengan kisar 21 mm dan jumlah lilitan 15.

Kait

Kait yang digunakan adalah tipe kait tunggal dengan ulir trapesium dengan tipe TR 60x3 dengan spesifikasi teknis $d_1 = 56,5$ mm; $d_0 = 60$ mm; serta $t = 3$ mm serta tinggi ulir 33 mm.

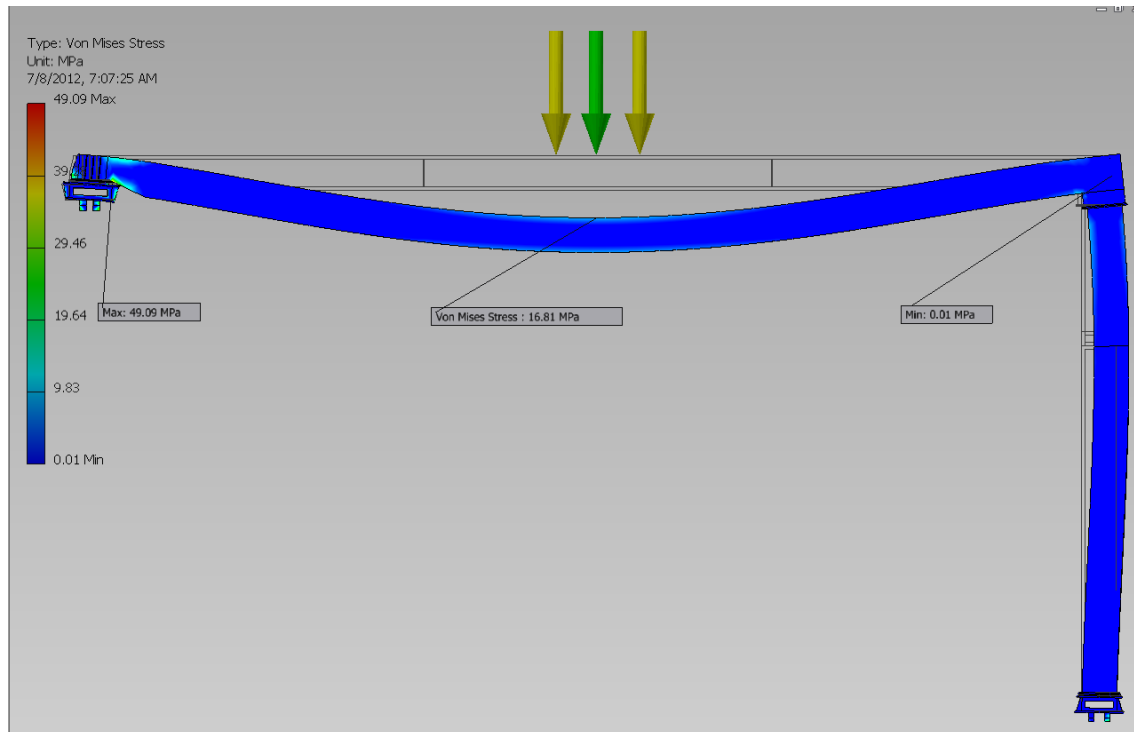
Batang lintang kait

Momen lentur maksimum terjadi pada bagian tengah batang lintang kait sebesar 17265600 Nmm yang menyebabkan tegangan sebesar 310,42 MPa.

Perhitungan Struktur Rangka

Von mises stress

Dari simulasi *stress analysis*, diperoleh hasil *von mises stress* yang menunjukkan nilai tegangan yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan. Hasil *von mises stress* yang terjadi digambarkan pada model dengan pemberian warna, dimana warna biru adalah daerah yang mengalami tegangan yang aman dan warna merah adalah daerah yang mengalami tegangan yang kritis. Nilai tegangan yang ditunjukkan pada gambar-gambar di bawah ini adalah nilai minimum, nilai maksimum, dan nilai yang terjadi pada bagian tengah *girder*.



Gambar 15. Von Mises Stress untuk pembebanan di bagian tengah *girder*

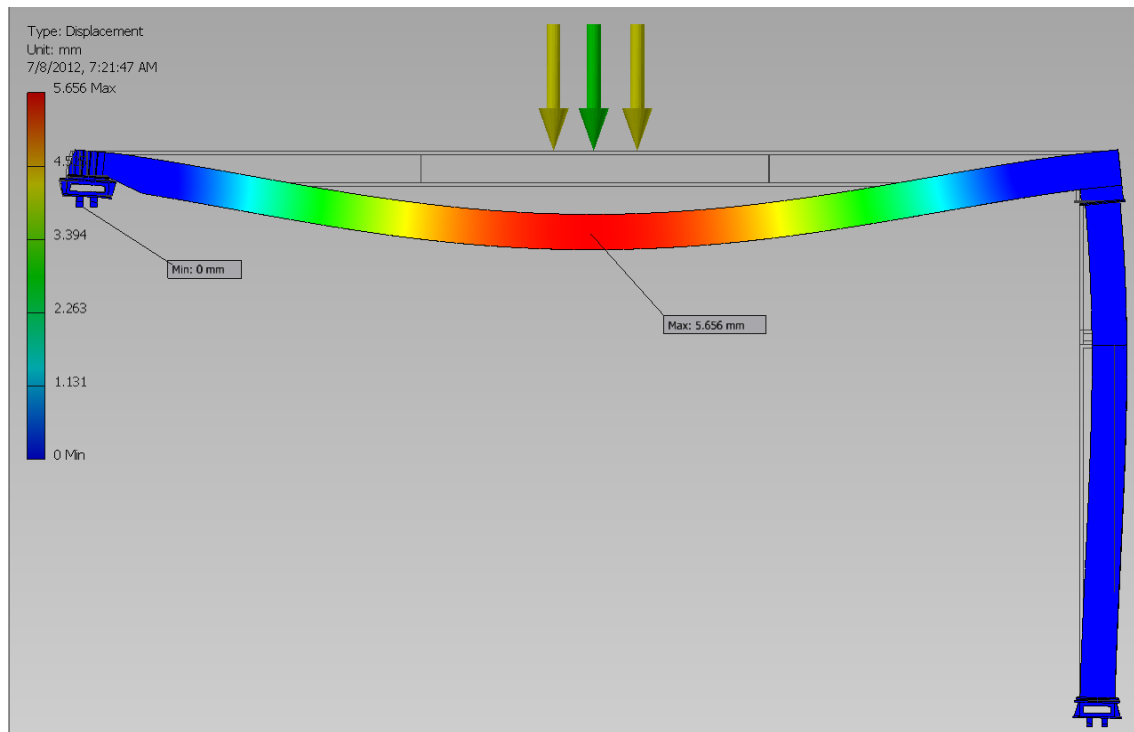
Tabel 2. Hasil *von mises stress*

Beban	Von Mises Stress (σ_{vm}) (MPa)		Yield Stress (σ_{yield}) (MPa)	Design Stress ($=\sigma_{yield}/S_f$) ($S_f = 4$) (MPa)	Load Factor ($=\sigma_{yield}/\sigma_{vm}$)	Keterangan
	Maksimum	Tengah				
Tengah	49,09	16,81	275,8	68,95	5,618	Kuat
Kiri	58,21	17,57	275,8	68,95	4,738	Kuat
Kanan	43,52	17,31	275,8	68,95	6,337	Kuat

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai *von mises stress* maksimum untuk ketiga simulasi masih di bawah nilai *design stress* [3] dan nilai *load factor* berada di atas nilai *safety factor* (S_f) [3]. Maka dari itu, rancangan ini kuat.

Displacement

Dari simulasi *stress analysis*, diperoleh hasil *displacement* yang menunjukkan nilai defleksi yang terjadi akibat *von mises stress*.



Gambar 16. *Displacement* untuk pembebanan di bagian tengah *girder*

Tabel 3. Hasil *displacement*

Beban	<i>Displacement</i> (mm)	Batas Aman (= $Span/700$) (Rudenko, 1994;331) (mm)	Keterangan
Tengah	5,656	21,428	Aman
Kiri	5,717	21,428	Aman
Kanan	5,659	21,428	Aman

Melihat data-data yang ada pada Tabel 3, didapatkan kesimpulan bahwa nilai *displacement* yang terjadi pada struktur rangka masih dapat ditoleransi karena tidak melebihi batas aman.

Stabilitas

Jarak antara resultan V dan sumbu rel penumpu yang diperoleh dari perhitungan sebesar 0,373 m sehingga nilai ψ yang diperoleh adalah 1,026. Nilai ψ tersebut masih di bawah nilai yang diizinkan.

Daya Motor

Daya motor untuk gerakan *hoist* yang diperoleh dari perhitungan sebesar 40 HP, kemudian untuk gerakan *trolley* sebesar 25 HP lalu untuk gerakan *gantry* sebesar 75 HP.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang pertama adalah tali baja yang digunakan memiliki tipe 6x37 IWRC - Steel Core Grade G dengan spesifikasi teknis: diameter 18 mm; berat 1,29 kg/m; beban patah 174618 N; tegangan patah 1471,5 N/mm²; dan umur tali 24 bulan. Kesimpulan yang kedua adalah jenis sistem puli yang digunakan sistem puli majemuk dengan empat bagian yang memiliki efisiensi 0,94. Diameter puli sebesar 420 mm dan puli terbuat dari besi cor. Kesimpulan yang ketiga adalah drum yang digunakan memiliki diameter 420 mm dan panjang 850 mm yang terbuat dari besi cor serta memiliki efisiensi 0,95.

Kesimpulan yang keempat adalah kait yang digunakan merupakan kait tunggal yang terbuat dari baja 20. Ulir pada tangkai kait menggunakan ulir trapesium TR60x3. Kemudian untuk batang lintang kait, bahan yang digunakan adalah baja karbon dengan tegangan maksimum terjadi pada bagian tengah yaitu sebesar 310,42 MPa. Kesimpulan yang kelima adalah struktur rangka yang didesain merupakan *double girder semi gantry crane* dengan *span* 15 m dan tinggi angkat 8 m. Material yang digunakan adalah *Steel, High Strength Low Alloy* dengan *von mises stress* maksimum sebesar 58,21 MPa dan *displacement* 5,717 mm serta nilai kestabilan struktur rangka sebesar 1,026. Kesimpulan yang terakhir adalah daya motor yang dibutuhkan untuk gerakan *hoist* sebesar 40 HP, untuk gerakan *trolley* sebesar 25 HP, dan untuk gerakan *gantry* sebesar 75 HP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rudenko, N., 1994, *Mesin Pemindah Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- [2]. Syamsir, A. Muin., 1990, *Pesawat-pesawat Pengangkat*, Edisi Pertama, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- [3]. Khurmi, R.S., J.K. Gupta, 2005, *A Textbook of Machine Design*, Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., New Delhi.
- [4]. Manurung, Fernando, 2009, Perancangan *overhead travelling crane* dengan kapasitas angkat 120 ton, dan perhitungan bahan *crane* pada pembangkit listrik tenaga air, Skripsi, Universitas Sumatera Utara.