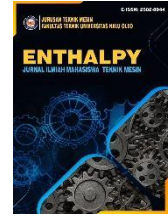




ENTHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin

Journal homepage: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/ENTHALPY>



Perancangan Alat Angkat Mesin Mobil Sistem Hidrolik

Muh Aswar¹⁾, Raden Rinova Sisworo²⁾, Samhuddin³⁾

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Jl. H.E.A Makadompit, Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu, Kendari 93232

Email: raden.rinova@uho.ac.id

Article Info

Available online August 23, 2022

Abstrak

Alat angkat mesin mobil sistem hidrolik merupakan alat untuk memudahkan pengguna dalam proses pemindahan bahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang alat angkat mesin mobil sistem hidrolik kapasitas 400 kg serta untuk menganalisis gaya dan tegangan yang terjadi pada lengan derek alat angkat, penentuan dimensi dan pemilihan bahan yang sesuai. Metode penelitian ini adalah metode riset literatur sebagai dasar melakukan perancangan. Hasil penelitian ini adalah desain konstruksi alat angkat dengan kapasitas angkat maksimum 400 kg dan tinggi angkat maksimum 2.3 meter dengan menggunakan dongkrak hidrolik 3 ton sebagai sumber gaya angkat. Kait dipilih dari bahan baja karbon S45C dengan tegangan tarik maksimum yang terjadi 13.26 kg/mm². Rantai pengangkat dipilih dari bahan baja paduan Grade 80 dengan tegangan tarik yang terjadi sebesar 187.37 N/mm². Struktur rangka dipilih dari bahan baja karbon S30C dengan tegangan tekan yang terjadi sebesar 442.47 kg/cm² dan semua tegangan yang terjadi lebih kecil dari batas yang diizinkan bahan sehingga aman digunakan.

Kata kunci: Alat angkat, desain, hidrolik

Abstract

This lifting device is for lifting and lowering loads supported by truss mechanism and a hydraulic jack with a maximum lifting capacity of 400kg. The device focuses on lifting the car engines with a lifting mechanism consisting of trusses, a hydraulic jack with capacity of 3 tons, and a chain package with hooks to grab and lift the load. Method of this research is a library research as main sources to calculate and design the equipment. Outcome of this research is a design of lifting device for maximum lifting capacity of 400 kg and maximum lifting height is 2.3 m. Material of hook is steel carbon S45C with a maximum tensile stress of 13.26 kg/mm². Lifting chain is made of steel alloys Grade 80 with a maximum tensile stress of 187.37 N/mm². Truss is selected made of carbon steel S30C with a maximum compress stress of 442.47 kg/cm² and all of the working stresses are below the allowable stress limits, thus the device is safe to be used.

Key words: Lifting, design, hydraulic, equipment

1. Pendahuluan

Crane adalah suatu mekanisme alat pengangkat yang umumnya dilengkapi dengan struktur rangka, tali baja atau rantai dan kait untuk mengangkat dan menurunkan beban atau material secara vertikal dan lalu memindahkannya secara horizontal ke tempat yang diinginkan. *Crane* memiliki bentuk dan kemampuan angkat yang hebat serta mampu berputar hingga 360° dan jangkauan lengan bisa mencapai puluhan meter. *Crane* biasa digunakan dalam pekerjaan proyek, industri, konstruksi, perbengkelan,

pergudangan, dan lain-lain [1]. Salah satu jenis alat angkat yang banyak digunakan di bidang konstruksi dan industri adalah truck crane. *Truck crane* adalah jenis crane yang dipasang langsung pada truk sehingga mudah untuk dibawa langsung ke lokasi kerja tanpa harus menggunakan kendaraan/*trailer* [1].

Crane memiliki komponen utama yang disebut crane snare dimana komponen ini berfungsi sebagai pengait yang menghubungkan beban dengan crane. Ada beberapa jenis pengait yaitu pengait standar (tunggal), pengait tanduk ganda

dan pengait. Jenis kait ini dapat juga dirancang menggunakan bantuan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga [1].

Saat ini telah banyak dikembangkan ilmu-ilmu teknik dalam bidang ilmu elemen hingga yang menyatukan matematika, teknik dan komputer untuk menghasilkan program-program seperti *Autodesk Inventor*, *Autodesk Creator* dan *Ansys*. Pada penelitian ini kami gunakan program *Autodesk Inventor* sebagai alat untuk menggambar perancangan produknya. Dari program ini bentuk pengait dapat dirancang agar sesuai dengan kapasitas angkat dan beban yang diberikan, karena pengait harus dirancang dengan memperhatikan secara detail dari segi fungsi, kait, bentuk dan faktor keamanan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat angkat yang dapat bekerja dengan hidrolis sebagai mekanis pengangkat untuk mengangkat dan memindahkan beban. Alat ini digunakan untuk memudahkan pekerjaan mekanik saat pengangkatan mesin mobil dengan kapasitas maksimal 400kg.

Pada penelitian terdahulu tentang “rancang bangun *crane* dengan kapasitas angkat 1 ton”, proses pemindahan barang dari suatu tingkat ke tingkat lainnya yang relatif tinggi langsung di angkat dengan menggunakan katrol manual, sehingga dengan cara ini hanya akan memperlambat proses pekerjaan dan dapat menimbulkan rawan kecelakaan. Maka dari kendala yang ada direncanakanlah alat yang lebih simpel dan sederhana dengan kapasitas yang tidak terlalu besar dengan nama crane dengan kapasitas angkat maksimal 1 ton. Alat ini dioperasikan dengan motor sebagai penggerak drum dengan transmisi *gearbox* dan tali yang digunakan sebagai media angkat terbuat dari tali baja. Alat ini sangat mudah digunakan dan juga dapat dibongkar pasang. Perencanaan *crane* yang ditujukan pada komponen pengangkat utama yang meliputi Tali Baja, Drum, Kait, dan Motor Penggerak [1].

Penelitian lainnya dilakukan oleh Ardian Dwi Dermawan, dkk (2017) yaitu “Perancangan Mekanisme Angkat *Boatlift Crane* yang Sinkron dengan Kapasitas 15 Ton pada PT. F1 Perkasa”. Peneliti telah melakukan penelitian dan perencanaan *boatlift* dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi desain konstruksi, perhitungan puli, perencanaan tali, drum, motor, poros, perencanaan roda. Selanjutnya di lakukan pula proses *assembly* dan perakitan prototype *boatlift*. Untuk sistem pengangkatan yang sinkron

pada *boatlift* direncanakan menggunakan tali (*lifting belt*) yang akan ditarik menggunakan sistem drum dan puli (*katrol*) yang digerakan oleh motor. Untuk mendapatkan mekanisme angkat *boatlift* yang sinkron dilakukan dengan menggunakan sistem alur tali yang berjalan terus menerus. Hasil perencanaan diperoleh perbandingan puli sebanyak 14 buah pada satu sisi *boatlift* dan 8 lengkungan di setiap *hoist*, sistem pengereman menggunakan *break system* yang terdapat pada motor dan juga pada drum. Ukuran tali memiliki diameter sebesar 12 mm, puli memiliki ukuran diameter sebesar 300 mm. Drum berdiameter 345 mm, poros drum berdiameter 80 mm, daya motor *lifting* sebesar 2 kW, daya motor *traveling* sebesar 5 kW, daya motor *slewing* sebesar 2,6 kW. Sabuk dipilih dengan kapasitas sebesar 5000 kg (per sabuk), dan generator set dengan daya 24 kVA [2].

Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk. Pendapat ini diperkuat oleh pendapat yang menjelaskan bahwa perancangan adalah proses penggambaran yang didasarkan atas desain perhitungan dari beberapa elemen yang terpisah dari satu kesatuan yang utuh dan memiliki fungsi-fungsi tertentu. Dalam hal ini perancangan yang dimaksud dapat berupa suatu proses perencanaan atau penyusunan suatu sistem baru maupun perbaharuan dari sistem yang terdahulu [3].

Alat Angkat

Alat angkat adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan muatan yang berat dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang tidak jauh. Yang dimaksud dengan mesin pengangkat adalah suatu sistem peralatan yang hanya dapat digunakan untuk mengangkat suatu barang atau memindahkan suatu muatan dari suatu tempat ketempat lain, dimana besar kecilnya muatan dan jarak pemindahannya yang terbatas sesuai dengan kapasitas mesin pengangkat. Mesin pengangkat ini merupakan kelompok mesin yang bekerja secara periodik yang didesain sebagai alat angkat dan pemindah barang atau muatan [4], [5].

Hidrolik

Hidrolik merupakan salah satu mesin konversi energi yang mempunyai perkembangan cepat [6]. Hidrolik dapat dibedakan dalam dua bidang yaitu hidrostatika yang mempelajari zat cair dalam

keadaan diam dan hidrodinamika yang mempelajari zat cair bergerak [7].

Hidrolik memberikan banyak keuntungan, diantaranya adalah tenaga yang dihasilkan berlipat ganda, sangat *fleksibel* dan penggunaannya sederhana, bentuk dan desainnya kompak, hemat dan aman dalam pengoperasiannya. Semuanya itu memungkinkan tenaga hidrolik dapat menghasilkan tenaga keluaran dengan nominal yang lebih besar, mudah dalam pengoperasian dan dapat dilakukan dengan cepat [8],[9].

Untuk mencari tegangan tekan pada material dongkrak digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_c = \frac{F_L}{A} \quad (1)$$

Dimana:

σ_c = Tegangan tekan (kg/cm²)

F_L = Beban angkat (kg)

A = Luas bidang (cm²)

Alat Angkat & Kait

Alat angkat adalah mekanisme peralatan yang digunakan untuk membantu memindahkan muatan yang berat dari satu tempat ke tempat lain dalam jangkauan tertentu. Jadi, mesin pengangkat didesain terbatas sesuai dengan kapasitas mesin pengangkat tersebut dan merupakan kelompok mesin yang bekerja secara periodik yang didesain sebagai alat angkat dan pemindah barang atau muatan [10], [11].

Kait yang digunakan pada alat angkat ini berfungsi untuk mengait beban sehingga pembebanan menjadi lebih terpusat. Beban dalam hal ini adalah bobot dari rangka mesin kendaraan yang akan dilepaskan dari kedudukan rangka mesin kendaraan pada saat kendaraan tersebut memerlukan reparasi atau perbaikan. Bentuk kait yang akan digunakan pada alat angkat ini adalah kait tunggal. Untuk menentukan beban desain digunakan persamaan berikut:

$$F_d = F \times Q \quad (2)$$

Dimana:

F_d = Beban desain (kg)

F_c = Faktor koreksi

Q = Beban rencana (kg)

Rantai

Rantai digunakan sebagai pengangkat beban dan biasa juga disebut sebagai rantai lasan. Rantai ini terbuat dari jalinan baja oval kemudian dibentuk *skalm* demi *skalm* dengan berurutan dan kemudian dihubungkan satu sama lain dan terakhir dilas. Rantai lasan digunakan untuk mesin

pengangkat dengan kapasitas kecil seperti katrol, derek atau kait pada alat lainnya. Tegangan adalah perbandingan antara gaya tarik yang bekerja terhadap luas penampang benda. Untuk mencari tegangan tarik yang terjadi pada rantai digunakan rumus:

$$\sigma_t = \frac{F_d}{A} \quad (3)$$

Dimana:

σ_t = Tegangan tarik (kg/mm²)

F_d = Berat Brban Desain (kg)

A = Luas bidang tarik (mm²)

Analisa Rangka Batang

Analisa gaya pada rangka batang dapat diambil pada satu kondisi pembebanan misalnya pada saat lengan batang beban dalam posisi horizontal lurus atau dalam keadaan lengan batang memiliki elevasi beberapa derajat keatas. Arah beban desain (480 Kg) adalah lurus vertikal ke bawah. Sementara itu, dari arah bawah struktur, terdapat batang baja pendorong beban yang berasal dari dongkrak hidrolik manual yang menahan pembebanan dari arah bawah. Batang pendorong beban dari dongkrak hidrolik ini membentuk suatu kemiringan tertentu (sebesar 8°) terhadap sumbu vertikal. Untuk mengetahui gaya pada posisi pembebanan maksimum maka benda harus dalam keadaan kesetimbangan.

Roda

Pembebanan pada roda ini tidak terbagi secara merata keseluruhan jumlah roda, dikarenakan posisi bobot beban berada pada salah satu sisi alat angkat seperti pada gambar isometri terbalik (pandangan bawah penampakan roda) perencanaan alat ini.

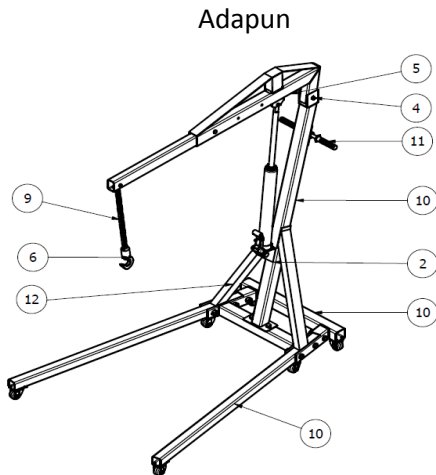
2. Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini adalah metode kajian kepustakaan (*Library Research*), menggunakan sumber-sumber dari berbagai literatur untuk melakukan proses perancangan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material Fakultas Teknik (Pengambilan data) dan Laboratorium Komputer Fakultas Teknik. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang digunakan untuk menyusun perancangan kemudian diolah dan melakukan proses desain menggunakan bantuan software *Autodesk Inventor*.

Komponen bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini haruslah dapat menahan beban maksimum alat angkat dan

mampu menahan besaran tegangan-tegangan yang ditimbulkan khususnya pada komponen rangka (*trusses*). Penelitian ini bersifat perancangan dimana segala proses yang dilakukan menggunakan software dan kemudian dihasilkan gambar desain yang aman terhadap pembebanan maksimum sebagai hasil dari perancangan.

Dengan menyesuaikan pada data yang telah diambil, maka desain alat angkat mesin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain dan komponen

Komponen-komponen alat angkat:

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Penyangga | 7. Dongkrak |
| 2. Long ram <i>gusset</i> | 8. Roda |
| 3. Main <i>frame</i> | 9. <i>Chain host</i> |
| 4. Baut | 10. <i>Leg</i> |
| 5. Lengan | 11. <i>Handle</i> |
| 6. Pengait | 12. Penyangga |

Selanjutnya terdapat proses penggabungan seluruh komponen-komponen yang telah dipilih dan didesain sehingga menghasilkan suatu perancangan alat secara menyeluruh yang digambarkan melalui bantuan sebuah software seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat setelah penggabungan

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah bagian-bagian utama desain yang sangat perlu untuk diketahui:

Beban Desain (F_d)

Pada perencanaan ini beban angkat yang direncanakan (mesin mobil) adalah sebesar 400 kg. Untuk mengantisipasi bervariasinya beban pada pemakaian alat angkat ini, untuk itu diperlukan penyesuaian faktor koreksi beban sehingga beban desain menjadi:

$$Q = \text{Beban rencana (N)} \\ = 400 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ = 3924 \text{ Newton}$$

$$F_c = \text{Faktor koreksi beban} \\ = 1.2 \text{ untuk beban normal (dipilih)}$$

$$F_d = \text{Beban desain (N)}$$

Dalam hal ini diperoleh:

$$F_d = 1.2 \times 3924 \text{ N} \\ = 4708.8 \text{ N (atau 480 kg)}$$

Kekuatan Tekan Batang Dongkrak

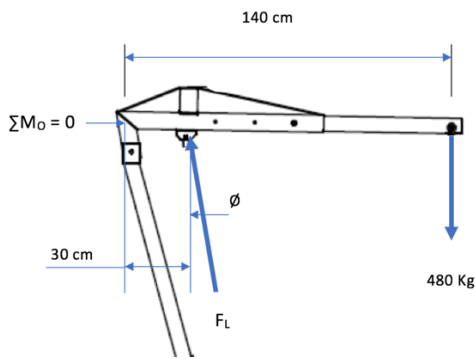
Material logam untuk batang penekan dongkrak hidrolik ini terbuat dari baja karbon (*steel carbon*) dengan ukuran diameter 24 mm (atau 2.4 cm). Untuk itu perlu dilakukan pengecekan untuk kekuatan material ini ketika menerima beban tekan pada bagian hidrolik sebesar 3000 kg (3 Ton). Dengan luas bidang tekan sebesar 4.52 cm².

$$\sigma_c = \frac{3000 \text{ kg}}{4.52 \text{ cm}^2} \\ = 663.71 \text{ kg/cm}^2$$

Analisa Gaya Rangka Batang

Analisa gaya pada rangka batang dapat diambil satu kondisi pembebanan pada saat lengan batang beban dalam posisi horizontal lurus. Selanjutnya, Diagram Benda Bebas (DBB) pada Gambar 3 terlihat arah beban desain (480 Kg) adalah lurus vertikal ke bawah. Sementara itu, dari arah bawah struktur, terdapat batang pendorong beban yang berasal dari dongkrak hidrolik manual yang menahan pembebanan dari arah bawah.

Profil batang yang dipilih adalah profil WF 100x50x5x7 [12]. Batang pendorong beban dari dongkrak hidrolik ini membentuk suatu kemiringan tertentu (sebesar 8°) terhadap sumbu vertikal.



Gambar 3. DBB pada kondisi horizontal lurus

Sehingga berlaku persamaan momen untuk kesetimbangan struktur tersebut sebagai berikut:

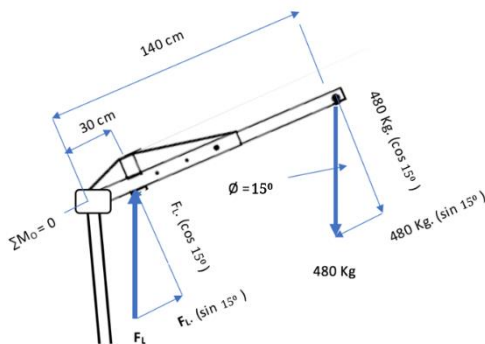
$$\sum M_o = 0$$

$$480 \text{ Kg} \cdot (140 \text{ cm}) - F_L \cos \theta \cdot (30 \text{ cm}) = 0$$

$$F_L = \frac{400 \text{ Kg} \cdot (140 \text{ cm})}{(30 \text{ cm}) \cdot \cos 8^\circ}$$

$$= \frac{67.200 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{29.71 \text{ cm}} = 2261.8 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan tersebut, terlihat bahwa besarnya gaya dorong oleh dongkrak hidrolik yang dibutuhkan untuk mengangkat beban 480 Kg tersebut adalah sebesar 2261.8 Kg. Maka pada perencanaan ini digunakan dongkrak dengan kapasitas angkat 3 ton agar dapat memberi gaya angkat yang memuaskan. Pada kondisi pengangkatan beban maksimum pada saat lengan beban berada pada posisi naik 15° dapat dilihat pada diagram benda bebas (DBB) sesuai pada Gambar 4.



Gambar 4. BDD pada kondisi mengangkat 15°

Kesetimbangan pada titik O pada struktur rangka tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

$$\sum M_o = 0$$

$$480 \text{ Kg} \cdot \cos 15^\circ \cdot (140 \text{ cm}) - F_L \cos 15^\circ \cdot (30 \text{ cm}) = 0$$

$$F_L = \frac{480 \text{ Kg} \cdot \cos 15^\circ \cdot (140 \text{ cm})}{\cos 15^\circ \cdot (30 \text{ cm})}$$

$$= \frac{64.512 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{28,95 \text{ cm}} = 2228.39 \text{ Kg}$$

Sehingga dibutuhkan penekan hidrolik yang lebih besar dari gaya FL tersebut, dipilih kapasitas 3000 kg atau 3 ton.

Tegangan Pada Rangka Batang

Untuk menghitung besarnya tegangan yang terjadi pada batang alat pengangkat ini, maka besarnya gaya dalam rangka batang perlu untuk diketahui. Terlihat dengan jelas bahwa terdapat gaya dalam batang yang arahnya miring sesuai dengan kemiringan batang lengan beban yang bergerak, yaitu adanya komponen gaya sebesar 480 kg sin 15° (120.20 kg) yang bekerja menekan rangka batang yang menopang beban desain sebesar 480 kg tersebut.

Tegangan tekan yang terjadi (σt) pada lengan beban:

$$\sigma_t = \frac{F_a}{A}, \text{ dimana:}$$

$$F_a = 120.20 \text{ kg (atau 1218.6 N)}$$

$$A = \text{Luas bidang tekan (profil WF 100x50x 5x7)}$$

$$= 11.85 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tegangan yang terjadi, } \sigma_t = \frac{1218.6}{11.85}$$

$$= 102.83 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{ult} = \text{Tegangan Tarik maksimum bahan}$$

$$= 48 \text{ kg/mm}^2 \text{ (untuk Baja S30C)}$$

$$SF = \text{Faktor keamanan}$$

$$= 6 \text{ (beban dinamis ringan)}$$

$$\text{Sehingga, diperoleh } \bar{\sigma}_c = \frac{48}{6}$$

$$= 8 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 800 \text{ kg/cm}^2$$

Terlihat bahwa tegangan tekan yang terjadi lebih kecil dari tegangan tekan yang di izinkan bahan, atau 102.83 kg/cm² < 800 kg/cm², sehingga perencanaan ukuran dan bahan batang lengan beban aman untuk digunakan.

Beban Roda

Roda pada alat angkat ini berfungsi untuk menahan pembebanan secara keseluruhan dan memberi fungsi mobilitas bagi alat angkat tersebut untuk dapat berpindah tempat ke ruang yang diinginkan oleh operatornya. Secara keseluruhan, beban roda berasal dari beban material alat angkat itu sendiri (beban kosong) ditambah beban produk yang akan diangkat atau dipindahkan, yang dalam hal ini adalah mesin

kendaraan dengan nilai beban desain sebesar 480 kg. Untuk itu, roda ini harus dipilih ukuran dan jumlahnya sesuai konstruksi yang direncanakan agar aman untuk digunakan.

Pada perencanaan ini, direncanakan jumlah roda keseluruhan yang akan digunakan adalah 6 buah. Hanya saja posisi pembebanan konstruksi alat angkat ini tidak terbagi secara merata keseluruh jumlah roda dikarenakan posisi bobot beban berada pada salah satu sisi alat angkat seperti pada gambar isometri terbalik (pandangan bawah penampakan roda) perencanaan alat ini. Beban maksimum roda terbesar adalah pada reaksi tumpuan R_A yang besarnya secara pendekatan adalah:

$$R_A = \frac{30 \text{ cm} + (120 \text{ cm} - 20 \text{ cm})}{(150 \text{ cm})} \times 240 \text{ kg} \\ = 208 \text{ kg}$$

Dari beban tumpuan pada roda tersebut, dipilihlah jenis dan kapasitas roda yang sesuai untuk kebutuhan pengangkatan ini sebagaimana Gambar 5.



Produk : EDL Medium 6" TPU
Item No : 67146H-676-86A
Beban Dinamik : 300 kg
Bantalan : Double Ball Bearing
Material : Aluminium

Gambar 5. Pemilihan spesifikasi roda

4. Kesimpulan

Alat angkat mesin menggunakan sistem hidrolik ini difokuskan untuk pengangkatan mesin mobil dengan kapasitas angkat 400kg dengan tinggi maksimal pengangkatan 230 cm. Pada perencanaan ini diperoleh beban desain maksimal sebesar 480 kg dan kapasitas dongkrak hidrolik yang digunakan adalah 3 Ton. Selain itu, penentuan ukuran dan bahan untuk komponen-komponen pendukung gerak lainnya seperti: kait (hook), rantai pengangkat, dan roda beban, serta penentuan ukuran dan bahan rangka penyangga beban agar aman dalam pemakaian.

Pada perencanaan lengan penggerak, dipilih dari bahan baja karbon S45C dengan ukuran profil WF 100x50x5x7 dengan batas kekuatan tekan yang terjadi sebesar 102.83 N/cm^2 dan tegangan tekan yang diizinkan bahan sebesar 800 kg/cm^2 sehingga perencanaan ini dikatakan aman.

Saran

Adapun saran yang perlu disampaikan penulis untuk langkah pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya desain dan mekanisme kerja *crane* dapat ditingkatkan dengan menggunakan motor agar lebih memudahkan kenaikan dan penurunan posisi batang lengan saat mengangkat beban.
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan cara mendesain *crane* hidrolik dengan efisien dan ekonomis.
3. Penelitian perancangan *crane* hidrolik selanjutnya dapat dikembangkan di tempat dan lokasi lain.

Daftar Pustaka

- [1] Siregar Fendi wahyudi, Lubis hasrin dan Usman Ramli "rancang bangun *crane* dengan kapasitas angkat 1 ton" *Jurnal Sains Mesin Terapan*, pp. 89-95.
- [2] Dermawan Adrian Dwi, A I Putu Sindhu dan Ruddiant "Perancangan Mekanisme Angkat Boatlift *Crane* yfang Sinkron dengan Kapasitas Swl 15 Ton pada PT. F1 Perkasa", pp. 39-49, 2017
- [3] Alkon, "Buku Panduan Operator *Crane* Mobile", Lembaga Pembinaan Keterampilan dan Manajemen, Surabaya, 2001
- [4] Daryanto, "Alat Pesawat Pengangkat", PT. Bina Aksara, Jakarta, 1989
- [5] Dermawan, "Perancangan Mekanisme Angkat Boatlift *Crane* yang Sinkron dengan Kapasitas Swl 15 Ton pada PT. F1 Perkasa", 2017.
- [7] F. Rusdianto, "Modul Dasar Hidrolik Dan Pneumatik", Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2017.
- [8] K.U. Mukhamad, dan J. U. Wawan, "Rancang Bangun Konstruksi Alat Angkat Mesin", *Journal Mechanical Engineering*, 13-16, 2018.
- [9] R. Manopo, "Proses Produksi Alat Angkat Kendaraan Niaga Kapasitas 2 Ton", Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2013.
- [10] N. Rudenko, "Mesin Pengangkat", Penerbit Erlangga, Edisi ke-1, 1964
- [11] Rostiyanti, dan S. Fatena, "Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi", Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 2002.
- [12] R. Gunawan, "Tabel Profil Konstruksi Baja", Cetakan ketujuh, Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 1993.