



SKRIPSI ME 141501

**PERANCANGAN SISTEM REMOTE OPERASI PADA MAST
KAPAL TUGBOAT**

ALIF NUGRAHA AKBAR
NRP. 0421134000097

Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



SKRIPSI ME 141501

**PERANCANGAN SISTEM REMOTE OPERASI PADA MAST
KAPAL TUGBOAT**

ALIF NUGRAHA AKBAR
NRP. 0421134000097

Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



FINAL PROJECT ME 141501

**DESIGN OF OPERATION REMOTE SYSTEM ON TUGBOAT
MAST**

ALIF NUGRAHA AKBAR
NRP. 0421134000097

Supervisor
Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

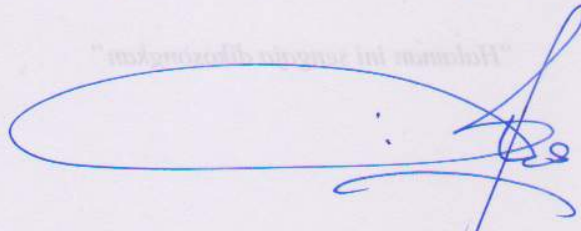
LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN SISTEM REMOTE OPERASI PADA MAST
KAPAL TUGBOAT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
ALIF NUGRAHA AKBAR
NRP. 0421134000097

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi:



Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil
NIP. 1968 0928 1991 02 1001

SURABAYA,
JANUARI 2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM REMOTE OPERASI PADA MAST KAPAL TUGBOAT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ALIF NUGRAHA AKBAR

NRP. 0421134000097

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T. M.T

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

**SURABAYA,
JANUARI 2018**

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

PERANCANGAN SISTEM REMOTE OPERASI PADA MAST KAPAL TUGBOAT

Nama Mahasiswa : Alif Nugraha Akbar
NRP : 0421134000097
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

Abstrak

Kapal mempunyai beberapa jenis tipe kapal, salah satunya adalah kapal tunda (*Tugboat*). Ketika kapal *tugboat* akan melewati bawah jembatan, maka kapal harus merebahkan tiang (*mast*) untuk menghindari terbenturnya antara *mast* dengan jembatan. Proses merebahkan *mast* masih dilakukan secara manual dengan cara awak kapal membuka bagian penyangga dari *mast* tersebut lalu *mast* ditarik kebawah hingga rebah dengan menggunakan tali. Pada Skripsi kali ini akan membahas tentang efisiensi cara kerja awak kapal pada saat merebahkan *mast* kapal *tugboat* dengan menambahkan motor *winch* sebagai penggerak utama dalam merebahkan dan menaikan *mast* kapal *tugboat*. Kapal *tugboat* yang digunakan mempunyai dimensi LOA 21.6 m, LWL 18.86 m, BEAM Max 6 m, *Depth* 2.7 m, *Draft* 1.6 m, Cb 0.514 dan Vs 11 knot. Kapal *tugboat* ini mempunyai panjang *mast* 4.2 m. *Mast* kapal *tugboat* kali ini menggunakan cara kerja seperti jungkat-jungkit, dimana diberikan penambahan beban dibagian bawah dari *mast*. Beban diperoleh menggunakan 6 variabel dan setiap variabel menggunakan 3 asumsi ukuran yang berbeda yang menghasilkan beban paling efisien sebesar 471 kg dengan bahan baja. Dari hasil beban tersebut, dilakukan analisis dimana *mast* dalam posisi horizontal menuju posisi vertikal tanpa menggunakan motor *winch* dan tali yang menghasilkan waktu sebesar 0.72 detik. Analisa lain yang dilakukan adalah pencarian tegangan tali pada *mast* posisi horizontal dan *mast* pada posisi vertikal (saat akan ditarik). Pada saat *mast* dalam posisi horizontal, dilakukan juga analisa efisiensi penempatan motor dan penempatan pengait tali pada *mast* dengan menggunakan 9 variabel tempat yang berbeda. *Mast* pada posisi horizontal menghasilkan tegangan tali sebesar 1.118 kg dan *mast* pada posisi vertikal (saat akan ditarik) sebesar 1014.067 kg. Motor *winch* yang digunakan jenis WARN ProVantage 2500-s dan tali *synthetic rope* yang mempunyai kapasitas 1134 kg . Sistem otomasi yang menggunakan *remote wireless control* yang mempunyai jangkauan hingga 50 ft (15.24 m). Perubahan waktu menggunakan motor dan tali pada *mast* posisi vertikal (saat akan ditarik) menuju *mast* posisi horizontal dan sebaliknya dengan asumsi menggunakan beban konstan pada beban maksimal yang dihasilkan pada tegangan tali menghasilkan waktu sebesar 1.408 menit atau 84.48 detik. Pada Skripsi kali ini juga menggunakan *software solidwork* untuk mevalidasi tegangan tali maksimum dengan spesifikasi tali

yang digunakan. Dari simulasi yang dilakukan didapatkan hasil bahwa tali masih dapat menahan beban maksimum tali dengan tegangan yang terjadi pada tali dari ujung pada *mast* dan ujung pada motor sebesar $2.62 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

Kata kunci: Mast Kapal Tugboat, Tegangan Tali, Winch, Remote Wireless, Solidwork.

DESIGN OF OPERATION REMOTE SYSTEM ON TUGBOAT MAST

Name : Alif Nugraha Akbar
NRP : 0421134000097
Departement : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

Abstract

Ship has several types, which one is Tugboat. When tugboat is going to pass under the bridge, then tugboat should lay down its mast to avoid collision between mast and bridge. The process to lay down the mast is done manually with ship's crew opening the buffer section of mast, then mast is being pulled down until it laid down using rope. This thesis will discuss about work efficiency of ship's crew when laying down the mast of tugboat by adding winch motor as main drive on laying down and rising mast of tugboat. Tugboat that used has LOA 21.6 m, LWL 18.86 m, BEAM Max 6 m, Depth 2.7 m, Draft 1.6 m, Cb 0.514 and Vs 11 knot. This tugboat mast has length 4.2 m. This tugboat mast mechanism is similar to see saw, where load is added to low part of mast. Load is obtained by using 6 variables and each variable using 3 different sizes assumption which result the most efficient load is 471 kg with steel material. From that load result, analysis is held where mast is on horizontal position toward vertical position without using winch motor and rope which spend 0,72 second. Another analysis that held is rope stress search where mast on horizontal position and vertical position (when being pulled). When mast on horizontal position, another analysis is being held which is motor placement efficiency and rope hook placement on mast using 9 different place variables. Mast on horizontal position results rope stress 1.118 kg and mast on vertical position (when being pulled) results 1014.067 kg. Winch motor that used is WARN ProVantage 2500-s type and syntethic rope capacity is 1134 kg. Automatic system that using remote wireless control has range up to 50 ft (15.24 m). Time alteration when using motor and rope on vertical position mast (when being pulled) toward horizontal position mast and vice versa with assumption using constant load on maximal load that resulting from rope stress spend 1.408 minutes or 84.48 seconds. This thesis also using solidwork software to validate maximum rope stress with rope specification that is used. From simulation that is done, the result is rope is still capable to hold rope maximum load with stress that occur on rope at end of rope and end of motor which is $2.62 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

Keywords: *Tugboat Mast, Rope Stress, Winch, Remote Wireless, Solidwork.*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan yang sebesar – besarnya kepada Allah SWT atas rahmat, nikmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Remote Operasi Pada Mast Kapal Tugboat”.

Tugas akhir/Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana-1 (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada saat menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat motivasi dari berbagai pihak yang sangat membantu dan memberikan semangat pada penulis. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. ALLAH SWT yang telah memberikan jalan dalam menyelesaikan Skripsi ini dan memberi sebuah anugerah yang tak ternilai.
2. Ayahanda Ir. F. Akbari, Ibunda dr. Lili Irawati, M.Biomed. adinda Aisa Mutiara Akbar dan segenap keluarga yang selalu memberi dorongan dan doa kepada penulis.
3. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil selaku dosen pembimbing yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan nasehat dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan Bapak Dr. Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng. sebagai Dosen Wali yang telah memberikan petunjuk, amanah dan nasehat layaknya ayah sendiri.
5. Pradita Audi, Sukron Nursalim, Kevin Kurniawan, S.T. Mas Junio Raharjo, S.T. dan teman-teman seperjuangan yang sama-sama mengambil Skripsi, khususnya bidang *Marine Manufacturing and Design* dan *Marine Power Plant* yang selalu setia menemani, memotivasi, memberi semangat, bekerja sama dan membantu dalam pencarian referensi dalam menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
6. Teman-teman BARAKUDA'13 yang telah memberikan makna belajar dan kebersamaan, semangat dan optimisme, toleransi dan pengertian serta makna sahabat dan keluarga.
7. Keluarga BEM ITS Wahana Juang, khususnya kementerian PSDM BEM ITS 16/17 yang telah memberikan suasana dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
8. Pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan Skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala saran serta masukan yang membangun

sangat penulis harapkan agar bisa menjadi perbaikan bagi diri penulis untuk kedepannya.

Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada kita semua. Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya yang membaca. Aamiin.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
COVER.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Kapal Tugboat	5
2.2 Jenis-jenis Kapal Tugboat	6
2.2.1 Jenis-jenis Kapal Tugboat Berdasarkan Daerah Kerja.....	6
2.2.2 Jenis-jenis Kapal Tugboat Berdasarkan Posisi Saat Menunda ...	7
2.3 Definisi Tiang Kapal	9
2.4 Jenis-jenis Tiang Kapal	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Metodologi	11
3.2 Tahap Pengerjaan	12
3.2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	12
3.2.2 Studi Literatur	12
3.2.3 Pengumpulan Data	12
3.2.4 Analisa Data dan Pembahasan	12
3.2.5 Perancangan Model.....	13
3.2.6 Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	13
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1 Data Kapal Tugboat.....	15
4.2 Data Mast Kapal Tugboat.....	15

4.3 Perhitungan Massa Total Mast	17
4.3.1 Perhitungan Massa Total Mast Tanpa Beban.....	17
4.3.2 Perhitungan Massa Total Mast Dengan Beban	19
4.4 Perhitungan Perpindahan Posisi Mast Tanpa Tali dan Motor	43
4.5 Perhitungan Tegangan Tali.....	49
4.5.1 Perhitungan Tegangan Tali Pada Posisi 90° (Horizontal).....	49
4.5.2 Perhitungan Tegangan Tali Pada Posisi 0° (Vertikal) / Saat akan Ditarik	60
4.6 Pemilihan Motor, Tali dan Remote	61
4.6.1 Pemilihan Motor dan Tali	61
4.6.2 Pemilihan Remote	63
4.7 Perhitungan Perpindahan Posisi Mast Dengan Tali dan Motor.....	64
4.8 Validasi Tegangan Tali.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	73
BIODATA PENULIS	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Moving Bridge	1
Gambar 1.2. Kapal Tugboat.....	2
Gambar 2.1. Harbour Tugboat	6
Gambar 2.2. Sea Going Tugboat.....	6
Gambar 2.3. River Tugboat	7
Gambar 2.4. Towing Tugboat.....	7
Gambar 2.5. Pushing Tugboat	8
Gambar 2.6. Side Tugboat	8
Gambar 2.7. Stayed Tugboat	9
Gambar 2.8. Unstayed Tugboat	10
Gambar 2.9. Box Girder and Frame Work Mast	10
Gambar 3.1. Alur Diagram Penulisan Skripsi	11
Gambar 4.1. General Arrangementn Tugboat.....	15
Gambar 4.2. Pembagian Mast.....	18
Gambar 4.3. Perencanaan Titik Beban Pada Posisi Horizontal	19
Gambar 4.4. Pembagian Dimensi Beban	20
Gambar 4.5. Pembagian Ketinggian dan Sudut Mast.....	44
Gambar 4.6. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor	49
Gambar 4.7. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 1).....	50
Gambar 4.8. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 2).....	51
Gambar 4.9. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 3).....	52
Gambar 4.10. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 4)....	53
Gambar 4.11. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 5)....	54
Gambar 4.12. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 6)....	55
Gambar 4.13. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 7)....	56
Gambar 4.14. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 8)....	57
Gambar 4.15. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 9)....	58
Gambar 4.16. Sudut Mast Dengan Tali	60
Gambar 4.17. Motor dan Tali WARN ProVantage 2500-s	61
Gambar 4.18. Deskripsi WARN ProVantage 2500-s	62
Gambar 4.19. Spesifikasi WARN ProVantage 2500-s	62
Gambar 4.20. Dimensi WARN ProVantage 2500-s	62
Gambar 4.21. Remote Wireless Control	63
Gambar 4.22. Deskripsi Remote Wireless Control.....	63

Gambar 4.23. Dimensi Mast Pada Software Solidwork	65
Gambar 4.24. Input Beban Pada Komponen Horn	66
Gambar 4.25. Assembly Mast Dengan Winch.....	66
Gambar 4.26. Simulasi Statis.....	67
Gambar 4.27. Input Gaya Pada Tali.....	67
Gambar 4.28. Hasil Simulasi Software Solidwork	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Pembagian Variabel Beban.....	20
Tabel 4.2. Hasil Akhir Perbandingan Beban	42
Tabel 4.3. Pembagian Variabel Tali dan Motor.....	50
Tabel 4.4. Hasil Akhir Pembagian Variabel Tali dan Motor	59

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang 2/3 terdiri dari lautan. Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan total wilayah 735.355 mil persegi. Indonesia menempati peringkat ke-4 dari 10 negara dengan populasi terbesar di dunia. Dengan adanya transportasi maka akan mudah untuk menghubungkan satu pulau dengan pulau lainnya. Dalam kerangka ekonomi, transportasi merupakan tulang punggung perekonomian nasional, regional dan lokal, baik diperkotaan maupun dipedesaan. Sarana transportasi laut menjadi peran penting bagi negara kepulauan seperti Indonesia.

Kapal adalah media atau sarana transportasi laut yang banyak digunakan untuk mengangkut penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Kapal dituntut untuk mampu tetap beroperasi dan bertahan dengan daya tahan yang tinggi dalam waktu yang relatif lama serta dalam lingkungan yang cepat berubah (Putra, 2014). Kapal mempunyai beberapa jenis, salah satunya adalah kapal tunda (*Tugboat*). Kapal *Tugboat* adalah kapal yang memandu kapal lain dengan menarik atau mendorongnya. Kapal *Tugboat* memindahkan kapal yang tidak dapat bergerak dengan sendirinya, seperti menarik atau mendorong kapal di pelabuhan yang ramai atau kanal yang sempit dan menarik kapal yang tidak memiliki alat penggerak seperti kapal tongkang, kapal cacat, dan lain sebagainya.

Salah satu dari jenis kapal *tugboat* adalah kapal *river tugboat*. *River tugboat* adalah kapal tunda yang beroperasi pada sungai. Ketika kapal *river tugboat* beroperasi, seringkali kapal jenis ini akan melewati beberapa jembatan untuk dapat menuju ke tempat tujuan. Dengan konstruksi jembatan di Indonesia masih belum terdapat *moving bridge* seperti yang ada di negara lain. *Moving bridge* yaitu jembatan yang dapat bergerak atau berpindah. *Moving bridge* dapat mempermudah jalur transportasi ketika ada kapal yang melewati dibawahnya.



Gambar 1.1. Moving Bridge

(Sumber: <http://www.nevclass.spb.ru/ekskyrsii-na-teplohode/pod-razvodnyimi-mostami/>)

Ketika kapal jenis *river tugboat* akan melewati bawah jembatan di Indonesia, maka kapal *tugboat* jenis *river tugboat* harus merebahkan tiang (*mast*) dari kapal tersebut untuk menghindari terbenturnya antara *mast* dengan jembatan. Tidak hanya kapal jenis *river tugboat* saja yang bisa merebahkan *mast* dari kapal tersebut, tetapi kebanyakan kapal *tugboat* dapat bisa merebahkan *mast* kapal tersebut untuk memaksimalkan kecepatan atau memaksimalkan kapal dalam manuver. Proses merebahkan *mast* masih dilakukan secara manual dengan cara awak kapal membuka bagian penyangga dari *mast* tersebut lalu *mast* ditarik kebawah hingga rebah dengan menggunakan tali.



Gambar 1.2. Kapal Tugboat

(Sumber: http://products.damen.com/-/media/Products/Images/Clusters-groups/Tugs/Stan-Tugs/Stan-Tug-1606/Images/Stan_Tug1606.jpg?h=767&la=en&w=1300)

Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan perancangan sistem yang mempunyai *remote* operasi sehingga *mast* pada kapal *tugboat* dapat direbahkan dan ditegakkan dengan sendirinya sehingga dapat mempermudah awak kapal dalam bekerja yang lebih efisien, menghemat tenaga serta waktu dari awak kapal tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis uraikan sebelumnya maka rumusan permasalahan yang timbul adalah bagaimana perancangan sistem *remote* operasi pada *mast* kapal *tugboat* untuk mempermudah kerja awak kapal yang lebih efisien dan menghemat tenaga serta waktu awak kapal tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Arah pembahasan dalam penelitian ini diharapkan tidak mengalami penyimpangan dan terhindar dari pembahasan yang terlalu luas, maka batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan penelitian ini, kapal yang digunakan adalah kapal jenis *tugboat*.
2. Dalam perencanaan penelitian ini, tidak membahas aspek kelistrikan.

3. Dalam perencanaan penelitian ini, tidak membahas aspek cuaca dan kecepatan angin.
4. Dalam perencanaan penelitian ini, tidak membahas aspek ekonomi.
5. Dalam perencanaan penelitian ini, menggunakan *software solidwork*.

1.4 Tujuan

Dari permasalahan yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui konsep perancangan sistem *remote* operasi pada *mast* kapal *tugboat* untuk mempermudah kerja awak kapal sehingga dapat bekerja lebih efisien dan menghemat waktu serta tenaga dari awak kapal tersebut.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Dapat mempermudah cara kerja awak kapal.
2. Dapat menjadi bahan pertimbangan untuk perancang kapal *tugboat*.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Kapal *Tugboat*

Kapal *Tugboat* atau Kapal Tunda merupakan kapal yang dioperasikan untuk menarik atau mendorong kapal lainnya di pelabuhan, sungai maupun laut lepas. Kapal *Tugboat* disebut juga kapal *self propelled* atau kapal yang memiliki sumber tenaga penggerak sendiri. Kapal *Tugboat* memiliki kemampuan manuver yang tinggi, tergantung dari unit penggerakannya. Kapal *Tugboat* dengan penggerak konvensional memiliki baling-baling di belakang sehingga lebih efisien untuk menarik atau mendorong kapal dari satu tempat ke tempat lainnya. Jenis penggerak lainnya disebut juga *Schottel propulsion system*, dimana baling-baling kapal dapat bergerak 360⁰ atau *Voith-Schneider propulsion system* yang menggunakan semacam pisau dibawah kapal yang dapat membuat kapal berputar 360⁰. Kapal *Tugboat* memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Kapal *tugboat* menarik atau mendorong kapal-kapal yang akan bersandar di pelabuhan, contohnya seperti kapal induk, kapal pesiar, kapal *tanker* dan sebagainya. Selain itu, kapal *tugboat* juga menarik atau mendorong kapal yang tidak memiliki sumber tenaga penggerak sendiri (*self propelled*), contohnya seperti kapal tongkang dan sebagainya. Serta, kapal *tugboat* dapat memindahkan bangunan lepas pantai (*offshore*), contohnya seperti *semi-submersible*, *jack-up barge* dan sebagainya.
2. Kapal *tugboat* dapat membantu pelaksanaan *mooring* dan *unmooring* kapal *tanker* yang berada dilaut.
3. Kapal *tugboat* dapat membantu memantau kondisi cuaca.
4. Kapal *tugboat* dapat membantu menanggulangi minyak yang tertumpah (*oil spill*) yang disebabkan oleh kebakaran kapal, kapal tenggelam dan sebagainya dengan cara menarik jaring penyarang minyak.
5. Kapal *tugboat* dapat membantu menyuplai bahan bakar dari hasil kilang minyak. Biasanya, kapal yang digunakan adalah jenis kapal tunda pelayaran besar (*ocean going tug*).
6. Kapal *tugboat* dapat membantu *salvage operation* ketika terjadi kecelakaan.

Salah satu karakteristik kapal *tugboat* yaitu memiliki tenaga yang besar dibandingkan dengan ukurannya sehingga kapal *tugboat* memiliki gaya dorong (*thrust*), gaya tarik dan manuver yang tinggi. Untuk dapat menggerakkan kapal selama pengoperasian, maka gaya dorong (*thrust propeller*) dapat mengatasi beban yang akan dialami oleh kapal *tugboat*. Pada umumnya, kapal *tugboat* menggunakan satu atau dua buah *propeller* tergantung dari jenisnya dengan menggunakan tenaga penggerak dari mesin induk. Mesin induk difungsikan sebagai sumber tenaga untuk memutar *propeller* dengan menghasilkan gaya dorong.

2.2 Jenis-jenis Kapal *Tugboat*

2.2.1 Jenis-jenis Kapal *Tugboat* Berdasarkan Daerah Kerja

Jenis kapal *tugboat* berdasarkan daerah kerja dibagi menjadi 3, yaitu:

1. *Harbour Tugboat*

Harbour Tugboat merupakan jenis kapal yang bekerja didaerah pelabuhan dimana bertugas membantu kapal-kapal besar yang akan merapat ke pelabuhan karena kapal-kapal besar tidak dapat bermanuver di pelabuhan yang ramai dengan kapal-kapal lainnya. Jumlah kapal *tugboat* di pelabuahn bervariasi, disesuaikan dengan infrastruktur dari pelabuhan.



Gambar 2.1. Harbour Tugboat

(Sumber: <http://products.damen.com/en/clusters/harbour-tugs>)

2. *Sea going Tugboat*

Sea going Tugboat merupakan jenis kapal *tugboat* yang bekerja di lautan lepas dimana dioperasikan pada laut lepas seperti pelaksanaan *mooring* dan *unmooring*. Biasanya kapal *sea going tugboat* memiliki bentuk haluan yang tinggi untuk memecah ombak serta secara keseluruhan memiliki ukuran, memiliki tenaga dan memiliki mesin yang lebih besar daripada jenis-jenis kapal *tugboat* lainnya.



Gambar 2.2. Sea Going Tugboat

(Sumber: <http://www.panoramio.com/photo/7793720>)

3. *River Tugboat*

River Tugboat merupakan jenis kapal *tugboat* yang bekerja di sungai yang berarus tenang dimana kapal *river tugboat* ini tidak dapat dioperasikan di laut dikarenakan desain dari kapal *river tugboat* ini tidak memiliki kemampuan untuk memecah ombak dan rentan dengan adanya gelombang. Kapal *river tugboat* ini biasanya digunakan untuk menarik atau mendorong kapal tongkang, sehingga kapal *river tugboat* ini disebut juga dengan kapal *towboats* atau *pushboats*.



Gambar 2.3. River Tugboat
(Sumber: <http://www.kenrolston.com/?p=4414>)

2.2.2 Jenis-jenis Kapal *Tugboat* Berdasarkan Posisi Saat Menunda

Jenis kapal *tugboat* berdasarkan posisi saat menunda dibagi menjadi 3, yaitu:

1. *Towing Tugboat*

Towing Tugboat merupakan posisi dimana kapal *tugboat* menarik kapal lain ditarik dengan *winch* dan tali *fiber*.



Gambar 2.4. Towing Tugboat
(Sumber: http://products.damen.com/-/media/Products/Images/Clusters-groups/Tugs/harbour_tug.jpg?h=767&la=en&w=1300)

2. *Pushing Tugboat*

Pushing Tugboat merupakan posisi dimana kapal *tugboat* mendorong kapal lain. Kapal *tugboat* ini dilengkapi bantalan yang terbuat dari karet yang berfungsi agar tidak merusak konstruksi kapal.



Gambar 2.5. Pushing Tugboat

(Sumber: <https://pixabay.com/en/port-trade-boats-cargo-ship-water-605866/>)

3. *Side Tugboat*

Sede Tugboat merupakan posisi dimana kapal *tugboat* berada disamping kapal lain dan mengarahkannya.



Gambar 2.6. Side Tugboat

(Sumber:

<http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=814014>)

2.3 Definisi Tiang Kapal

Kapal *tugboat* memiliki komponen seperti tiang (*mast*) kapal. Tiang (*mast*) adalah sebagai tempat dari lampu-lampu navigasi, bendera, radar, GPS (*Global Positioning System*), antena radio, dan lainnya. Letak *mast* berada diatas rumah geladak (*Wheelhouse*) atau bagian tertinggi dari kapal sehingga semua lampu navigasi dan komponen lainnya dapat terlihat. Pada kapal *tugboat* umumnya, *mast* dapat direbahkan dengan tujuan agar *mast* tidak bersentuhan atau menabrak jembatan saat kapal melewati bagian bawah dari jembatan. *Mast* umumnya direbahkan secara manual dengan sistem poros pengunci (*shaft*).

2.4 Jenis-jenis Tiang Kapal

Jenis-jenis tiang kapal dibagi menjadi:

1. *Single Tubular Mast*

Single Tubular Mast atau disebut juga tiang yang berbentuk tabung. Persyaratan berikut berlaku untuk bagian berbentuk tabung atau setara dengan bentuk persegi panjang yang terbuat dari bahan baja dengan tarikan akhir 400 N/nm^2 yang dirancang untuk membawa tanda (peralatan navigasi, bendera dan lain sebagainya).

Single Tubular Mast dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

- *Stayed Mast*

Stayed Mast atau *mast* tetap. Dalam membangun *mast* tetap haruslah didukung oleh satu atau dua deck supaya *mast* tidak berayun. Untuk *stayed mast* pada tiang paling atas haruslah berdiamter 20 mm setiap meternya. Jika ada tali yang digunakan, maka tali tersebut direkomendasikan menggunakan tali *galvanized*.



Gambar 2.7. Stayed Mast

(Sumber: <http://www.shipspotting.com/photos/middle/0/7/8/104870.jpg>)

- *Unstayed Mast*

Unstayed Mast atau *mast* tidak tetap mungkin dibikin di *deck* paling atas atau didukung oleh 2 atau lebih *deck*.



Gambar 2.8. Unstayed Mast
(Sumber: <http://www.multicargoenergy.com/tug-and-barge/>)

2. *Box Girder and Frame Work Masts*

Dalam mendisain *box girder and frame work mast* haruslah mempertimbangkan faktor angin, gaya akselerasi dan lain sebagainya. Ketika terdapat tambahan beban, maka beban yang disebabkan dudukan *crane* ataupun tali pengencang juga diperhatikan. Dalam kasus *mast* yang mempunyai pelat tipis diperlukan penguat plat.



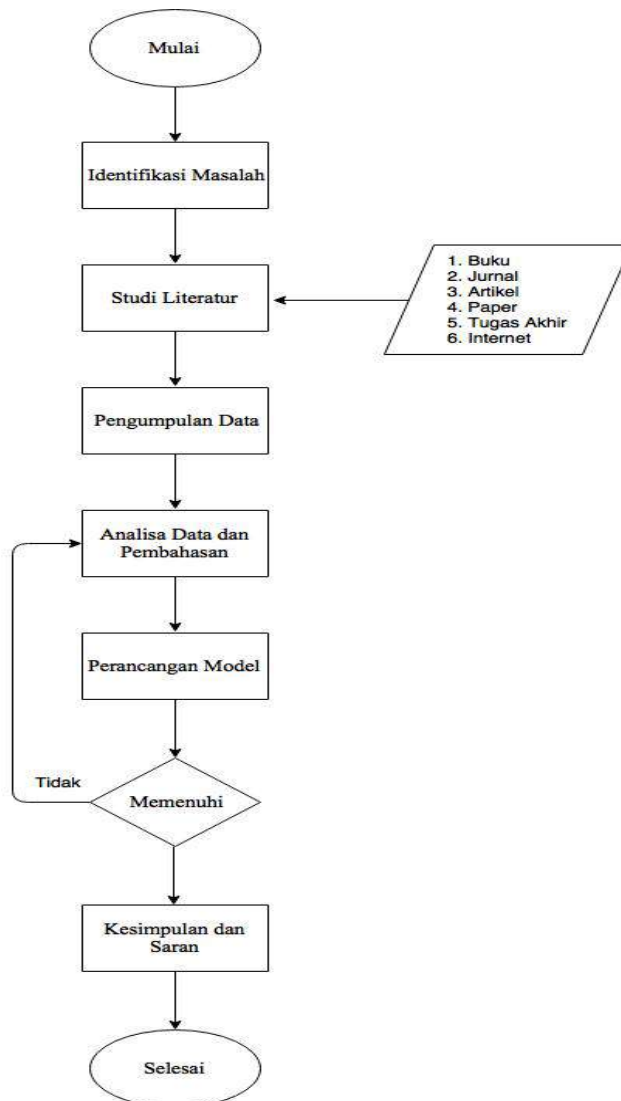
Gambar 2.9. Box Girder and Frame Work Mast
(Sumber: http://www.beyondships.com/images/xu_mast.jpg)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam tugas skripsi adalah dengan menggunakan metode analisa dan membuat perancangan sistem *remote* operasi pada *mast* kapal *tugboat* menggunakan motor *winch* dan tali sebagai penggerak utama dan validasi menggunakan *software solidwork*. Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi.



Gambar 3.1. Alur Diagram Penulisan Skripsi

3.2 Tahap Pengerjaan

3.2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahapan awal dalam pengerjaan tugas skripsi adalah dengan mengidentifikasi masalah yang ada. Kemudian timbul perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terjadi penyimpangan dari topik bahasan serta memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

3.2.2 Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang dalam penulisan skripsi ini. Referensi yang diperlukan mengenai perancangan *remote* operasi pada *mast* dapat dicari melalui berbagai media, antara lain:

1. Buku
2. Jurnal
3. Artikel
4. *Paper*
5. Tugas Akhir
6. Internet

Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dilakukan di beberapa tempat, yaitu:

1. Ruang Baca Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
2. Perpustakaan Pusat kampus ITS.
3. Laboratorium MMD Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK- ITS.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna menunjang proses pengerjaan skripsi. Pengumpulan data-data penunjang skripsi dilakukan dengan pengambilan data dari perusahaan/galangan. Data yang diambil berupa *General Arrangement* dari kapal *tugboat* yang akan diteliti, *equipments* yang terdapat pada *mast* kapal *tugboat*. *Equipments* pada *mast tugboat* berupa: Lampu, *Air Horn*, Tv/Radio Antenna, Radar Antenna dan *Speaker*.

3.2.4 Analisa Data dan Pembahasan

Dalam tahap ini dilakukan analisis perhitungan berupa:

1. Massa total *mast* tanpa beban, mulai dari perhitungan spesifikasi dari *equipments* yang terdapat pada *mast*, bahan yang digunakan pada *mast* tersebut dan membagi *mast* menjadi 2 bagian, yaitu *mast* atas dan *mast* bawah.
2. Pencarian beban paling efisien yang digunakan yang berguna untuk *mast* dapat kembali ke posisi vertikal dari posisi horizontal. Pada kali ini menggunakan sistem jungkat-jungkit.

3. Dari beban yang telah diperoleh, dilakukan perhitungan waktu perubahan *mast* pada posisi horizontal menuju vertikal tanpa menggunakan motor dan tali.
4. Perhitungan berikutnya yaitu mencari tegangan tali pada posisi horizontal yang menghasilkan sebagai tegangan tali minimum. Pada perhitungan ini dapat juga dicari posisi yang paling efisien untuk peletakan motor *winch* dan penempatan pengait tali pada *mast* kapal.
5. Pencarian tegangan tali pada *mast* posisi vertikal (saat akan ditarik) dan sebagai tegangan tali maksimum.
6. Pemilihan spesifikasi dari motor *winch*, tali dan *remote* sebagai penggerak utama ketika *mast* direbahkan dan ditegakkan.

3.2.5 Perancangan Model

Dalam tahap ini dilakukan perancangan model menggunakan *software solidwork*. Perancangan model dari data yang telah didapatkan dari analisa data yang berguna untuk mevalidasi apakah tali yang digunakan dapat menahan beban maksimal yang dihasilkan pada tegangan tali.

3.2.6 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahapan akhir dalam skripsi ini dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Selain itu, memberikan saran terkait penelitian selanjutnya.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

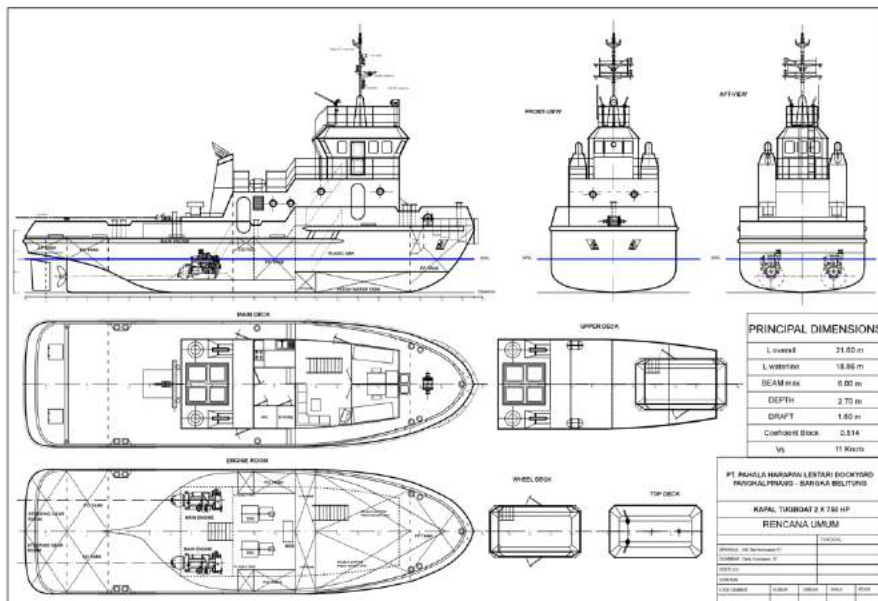
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal *Tugboat*

Dalam perhitungan ini jenis kapal yang digunakan adalah kapal tunda (*tugboat*) jenis *river tugboat*. Adapun data ukuran utama kapal yang diperlukan pada perhitungan ini adalah sebagai berikut:

Lenght Overall (LOA)	:	21.60	m
Lenght of Waterline (LWL)	:	18.86	m
BEAM Max	:	6.00	m
Depth	:	2.70	m
Draft	:	1.60	m
Coefisient Block (Cb)	:	0.514	
Vs	:	11	knot



Gambar 4.1. General Arrangement Tugboat
(Sumber: PT. Pahala Harapan Lestari Dockyard)

4.2 Data *Mast* Kapal *Tugboat*

a. Data *Mast*

- Panjang <i>Mast</i> utama	= 4.2	m	= 420	cm
- Diameter <i>Mast</i>	= 0.1	m	= 10	cm
- Panjang <i>Mast</i> samping	= 1.89	m	= 189	cm
- Lebar <i>Mast</i> samping	= 0.06	m	= 6	cm

b. Data Bahan *Mast*

- Menggunakan bahan Carbon Steel sch 80,
- 1 blok *Carbon Steel* sch 80 = 6 meter
- Massa *Carbon Steel* sch 80 ukuran 2 inch = 44.76 kg
- Massa *Carbon Steel* sch 80 ukuran 4 inch = 134.4 kg

c. Data *Equipment* pada *mast*

- Lampu (A) = 4.3 kg x 6 buah = 25.8 kg
- Air Horn (B) = 65 kg
- Radar Antena (C) = 20.8 kg
- Tv/Radio Antena (D) = 4.08 kg
- Speaker (E) = 8 kg

d. Data Realisasi ukuran sebenarnya

- Massa *mast* utama:

$$\frac{1 \text{ blok } \textit{Carbon Steel} \text{ sch } 80}{\text{Panjang } \textit{mast} \text{ utama}} = \frac{\text{Massa } \textit{Carbon Steel} \text{ sch } 80 \text{ 4 inch}}{m_1}$$

$$\frac{6 \text{ m}}{4.2 \text{ m}} = \frac{134.4 \text{ kg}}{m_1}$$

$$m_1 = \frac{134.4 \text{ kg} \times 4.2 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$m_1 = 94.08 \text{ kg}$$

Jadi, massa *mast* utama dengan panjang 4.2 meter berbahan *carbon steel* sch 80 adaah 94.08 kg.

- Massa *mast* samping:

$$\frac{1 \text{ blok } \textit{Carbon Steel} \text{ sch } 80}{\text{Panjang } \textit{mast} \text{ samping}} = \frac{\text{Massa } \textit{Carbon Steel} \text{ sch } 80 \text{ 2 inch}}{m_2}$$

$$\frac{6 \text{ m}}{1.89 \text{ m}} = \frac{44.76 \text{ kg}}{m_2}$$

$$m_2 = \frac{44.76 \text{ kg} \times 1.89 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$\begin{aligned} m_2 &= 14.093 \text{ kg} \quad \times \quad 2 \text{ buah} \\ &= 28.186 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, massa *mast* samping yang berjumlah 2 buah, dengan panjang 1.89 meter berbahan *carbon steel* sch 80 adaah 28.186 kg.

4.3 Perhitungan Massa Total *Mast*

4.3.1 Perhitungan Massa Total *Mast* Tanpa Beban

a. Perhitungan massa total *mast* tanpa beban (m_{TotalTB})

Massa total *mast* tanpa beban = Semua *Equipment* Pada *Mast* + Massa *Mast* Utama + Massa *Mast* Samping

$$\begin{aligned}m_{\text{TotalTB}} &= (A + B + C + D + E) + m_1 + m_2 \\m_{\text{TotalTB}} &= (25.8 \text{ kg} + 65 \text{ kg} + 20.8 \text{ kg} + 4.08 \text{ kg} + \\ &\quad 8 \text{ kg}) + 94.08 \text{ kg} + 28.186 \text{ kg} \\m_{\text{TotalTB}} &= 245.946 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Pengelompokan golongan *mast*

Untuk mempermudah proses perhitungan, maka *mast* dibagi menjadi 2 golongan *mast*, yaitu :

1. *Mast* Atas = Titik poros *mast* ke ujung atas *mast*.
equipments: Lampu, *Air Horn*, Tv/Radio Antenna, Radar Antenna dan *Speaker*.
2. *Mast* Bawah = Titik poros *mast* ke ujung bawah *mast*.

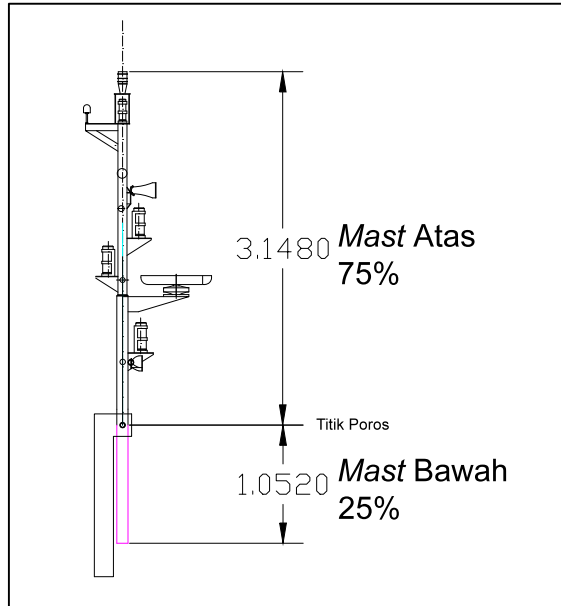
Dari pengelompokan golongan *mast* tersebut, maka didapatkan juga panjang sebenarnya pada *mast*, yaitu :

1. Panjang *Mast* Atas = 3.148 meter
2. Panjang *Mast* Bawah = 1.052 meter

Berdasarkan pengelompokan *mast* dan panjang sebenarnya, maka dapat dirubah menjadi presentase, yaitu:

$$\begin{aligned}1. \text{ Persentase } \textit{Mast} \textit{ Atas} &= \frac{\text{Panjang } \textit{Mast} \textit{ Atas}}{\text{Panjang } \textit{Mast} \textit{ Utama}} \times 100\% \\ &= \frac{3.148 \text{ m}}{4.2 \text{ m}} \times 100\% \\ &= 74.95\% \\ &= 75\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Persentase } \textit{Mast} \textit{ Bawah} &= \frac{\text{Panjang } \textit{Mast} \textit{ Bawah}}{\text{Panjang } \textit{Mast} \textit{ Utama}} \times 100\% \\ &= \frac{1.052 \text{ m}}{4.2 \text{ m}} \times 100\% \\ &= 25.05\% \\ &= 25\%\end{aligned}$$



Gambar 4.2. Pembagian Mast

Dengan bahan *mast* yang diasumsikan homogen (seragam), maka dapat ditentukan massa *mast* sesungguhnya berdasarkan pengelompokannya tanpa *equipments*, yaitu:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Massa Atas (MA)} &= \text{Persentase mast atas} \times \text{Massa mast utama} \\
 &= 75\% \times m_1 \\
 &= 75\% \times 94.08 \text{ kg} \\
 &= 70.56 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Massa Bawah (MB)} &= \text{Persentase mast bawah} \times \text{Massa mast utama} \\
 &= 25\% \times m_1 \\
 &= 25\% \times 94.08 \text{ kg} \\
 &= 23.52 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

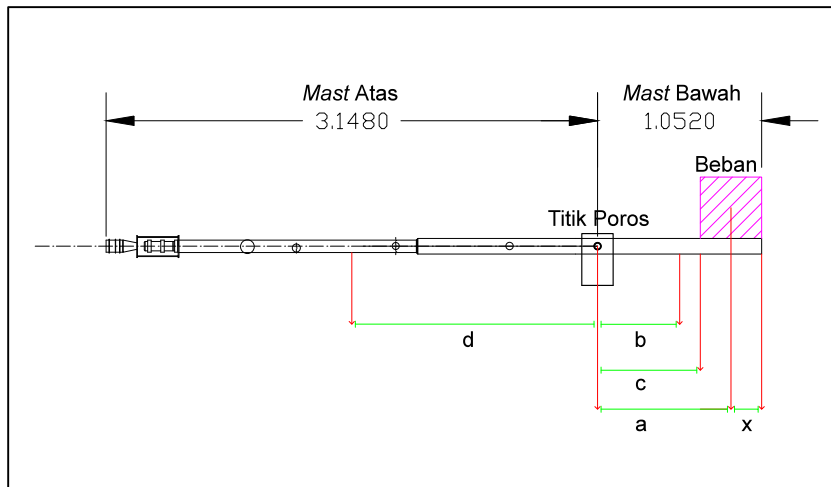
Dari perhitungan diatas, maka massa *mast* sesungguhnya berdasarkan pengelompokannya dengan *equipments*, yaitu:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Massa Mast Atas (MMA)} &= \text{Massa Total Mast Tanpa Beban} - \text{Massa Bawah} \\
 &= m_{\text{TotalTB}} - \text{MB} \\
 &= 245.946 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\
 &= 222.426 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Massa Mast Bawah (MMB)} &= \text{Massa Bawah (MB)} \\
 &= 23.52 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan Massa Total Mast Dengan Beban

Setelah mendapatkan perhitungan Massa Mast Atas dan Massa Mast Bawah, didapatkan data bahwa Massa Mast Atas lebih berat daripada Massa Mast Bawah. Maka, digunakanlah prinsip kerja seperti jungkat-jungkit. Dengan prinsip jungkat-jungkit dapat dicari massa beban sehingga Massa Mast Bawah dapat seimbang dengan Massa Mast atas dengan posisi mast berada pada posisi horizontal.



Gambar 4.3. Perencanaan Titik Beban Pada Posisi Horizontal

Dimana:

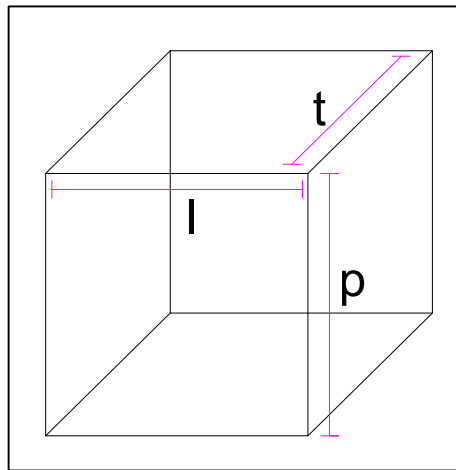
- a = Jarak titik poros ke titik pusat beban (m)
- b = Jarak titik poros ke titik pusat mast bawah (m)
- c = Jarak titik poros ke rata-rata titik pusat mast bawah (m)
- d = Jarak titik poros ke titik pusat mast atas (m)
- x = Jarak titik pusat beban ke ujung mast bawah (m)

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= 0 \\ \tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\ W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\ m_1 x g \sin \theta r_1 &= m_2 x g \sin \theta r_2 \\ m_1 x g \sin \theta r_1 &= m_2 x g \sin \theta r_2 \\ \text{dengan } \theta &= 90^\circ ; \sin 90^\circ = 1 \\ m_1 x r_1 &= m_2 x r_2 \\ \text{MMB} \times c &= \text{MMA} \times d \\ (\text{MB} + m_b) \times c &= (\text{MMA} \times d) \\ (\text{MB} + m_b) &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} \\ m_b &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} - \text{MB} \end{aligned}$$

Pada penelitian kali ini, perencanaan beban yang akan digunakan berbahan baja dengan massa jenis baja adalah 7850 kg/m^3 . Untuk mencari spesifikasi ukuran beban yang efisien, maka digunakan 6 variabel percobaan, yaitu:

Tabel 4.1. Pembagian Variabel Beban

Variabel	Panjang Beban	Satuan
1	0.8	Meter
2	0.7	Meter
3	0.6	Meter
4	0.5	Meter
5	0.4	Meter
6	0.3	Meter



Gambar 4.4. Pembagian Dimensi Beban

Dimana:

p = Panjang beban (m)
 l = Lebar beban (m)
 t = Tinggi beban (m)

a. Variabel 1

Diketahui :

Panjang beban = 0.8 m
 Panjang *mast* atas = 3.1421 m
 Panjang *mast* bawah = 1.052 m
 Massa Bawah (MB) = 23.52 kg
 Massa *Mast* Atas (MMA) = 222.426 kg
 Massa *Mast* Bawah (MMB) = Massa Bawah + Massa Beban
 Minimum
 = MB + m_b

Ditanya : Massa Beban Minimum (m_b) ?

Jawaban :

- $x = \frac{1}{2} \times \text{panjang beban}$
 $= \frac{1}{2} \times 0.8 \text{ meter}$
 $= 0.4 \text{ meter}$
- $a = \text{Panjang mast bawah} - x$
 $= 1.052 \text{ meter} - 0.4 \text{ meter}$
 $= 0.652 \text{ meter}$
- $b = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast bawah}$
 $= \frac{1}{2} \times 1.052 \text{ meter}$
 $= 0.526 \text{ meter}$
- $c = \frac{a + b}{2}$
 $= \frac{0.652 + 0.526}{2}$
 $= 0.589 \text{ meter}$
- $d = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast atas}$
 $= \frac{1}{2} \times 3.148 \text{ meter}$
 $= 1.574 \text{ meter}$

$$\begin{aligned}
 \Sigma \tau &= 0 \\
 \tau_1 - \tau_2 &= 0 \\
 \tau_1 &= \tau_2 \\
 F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\
 W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\
 m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\
 m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\
 \text{dengan } \theta = 90^\circ ; \sin 90^\circ &= 1 \\
 m_1 \times r_1 &= m_2 \times r_2 \\
 \text{MMB} \times c &= \text{MMA} \times d \\
 (\text{MB} + m_b) \times c &= (\text{MMA} \times d) \\
 (\text{MB} + m_b) &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} \\
 m_b &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} - \text{MB} \\
 &= \frac{222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m}}{0.589 \text{ m}} - 23.52 \text{ kg} \\
 &= 594.39 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\
 &= 570.87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beban minimum yang diperlukan supaya *mast* seimbang pada posisi horizontal adalah 570.87 kg.

Dari hasil data beban minimum pada posisi horizontal, maka beban harus lebih berat daripada posisi beban minimum sehingga *mast* yang semula dalam posisi horizontal menjadi posisi vertikal. Untuk mencari massa beban yang sesungguhnya, maka dapat dicari dengan:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \times V$$

Dimana:

ρ	= Massa Jenis Baja	(kg/m ³)
m	= Massa Beban	(kg)
V	= Volume Beban	(m ³)

Dari rumus tersebut, maka dapat dicari massa beban sehingga ditemukan ukuran yang efisien dalam pengaplikasian beban tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 jenis asumsi ukuran.

1. Asumsi 1

Diketahui	:	
p	= 0.8	m
l	= 0.4	m
t	= 0.4	m
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$V = p \times l \times t$$

$$= 0.8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$$

$$= 0.128 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \times V$$

$$= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.128 \text{ m}^3$$

$$= 1004.8 \text{ kg}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 1004.8 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 570.87 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\Delta m_1 = \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal}$$

$$= 1004.8 \text{ kg} - 570.87 \text{ kg}$$

$$= 433.93 \text{ kg}$$

2. Asumsi 2

Diketahui	:		
p	=	0.8	m
l	=	0.5	m
t	=	0.4	m
ρ baja	=	7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.16 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.16 \text{ m}^3 \\ &= 1256 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 1256 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 570.87 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_2 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 1256 \text{ kg} - 570.87 \text{ kg} \\ &= 685.13 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Asumsi 3

Diketahui	:		
p	=	0.8	m
l	=	0.5	m
t	=	0.5	m
ρ baja	=	7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 0.2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.2 \text{ m}^3 \\ &= 1570 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 1570 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 570.87 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_3 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 1570 \text{ kg} - 570.87 \text{ kg} \\ &= 999.13 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka hasil yang paling efisien adalah hasil yang memiliki selisih terkecil diantara 3 buah asumsi tersebut. Asumsi yang paling efisien pada variabel 1 yaitu asumsi ke-1 dengan selisih 433.93 kg.

b. Variabel 2

Diketahui :

Panjang beban	= 0.7	m
Panjang <i>mast</i> atas	= 3.142	m
Panjang <i>mast</i> bawah	= 1.052	m
Massa Bawah (MB)	= 23.52	kg
Massa <i>Mast</i> Atas (MMA)	= 222.426	kg
Massa <i>Mast</i> Bawah (MMB)	= Massa Bawah + Massa Beban Minimum	
	= MB + m _b	

Ditanya : Massa Beban Minimum (m_b) ?

Jawaban :

- $x = \frac{1}{2} \times \text{panjang beban}$
 $= \frac{1}{2} \times 0.7 \text{ meter}$
 $= 0.35 \text{ meter}$
- $a = \text{Panjang mast bawah} - x$
 $= 1.052 \text{ meter} - 0.35 \text{ meter}$
 $= 0.702 \text{ meter}$
- $b = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast bawah}$
 $= \frac{1}{2} \times 1.052 \text{ meter}$
 $= 0.526 \text{ meter}$
- $c = \frac{a + b}{2}$
 $= \frac{0.702 + 0.526}{2}$
 $= 0.614 \text{ meter}$

- $d = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast atas}$
 $= \frac{1}{2} \times 3.148 \text{ meter}$
 $= 1.574 \text{ meter}$

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= 0 \\ \tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\ W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ \text{dengan } \theta &= 90^\circ ; \sin 90^\circ = 1 \\ m_1 \times r_1 &= m_2 \times r_2 \\ \text{MMB} \times c &= \text{MMA} \times d \\ (\text{MB} + m_b) \times c &= (\text{MMA} \times d) \\ (\text{MB} + m_b) &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} \\ m_b &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} - \text{MB} \\ &= \frac{222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m}}{0.614 \text{ m}} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 570.19 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 546.67 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beban minimum yang diperlukan supaya *mast* seimbang pada posisi horizontal adalah 546.67 kg.

Dari hasil data beban minimum pada posisi horizontal, maka beban harus lebih berat daripada posisi beban minimum sehingga *mast* yang semula dalam posisi horizontal menjadi posisi vertikal.

Untuk mencari massa beban yang sesungguhnya, maka dapat dicari dengan:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \times V$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Massa Jenis Baja} && (\text{kg/m}^3) \\ m &= \text{Massa Beban} && (\text{kg}) \\ V &= \text{Volume Beban} && (\text{m}^3) \end{aligned}$$

Dari rumus tersebut, maka dapat dicari massa beban sehingga ditemukan ukuran yang efisien dalam pengaplikasian beban tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 jenis asumsi ukuran.

1. Asumsi 1

Diketahui :

$$\begin{aligned} p &= 0.7 && \text{m} \\ l &= 0.4 && \text{m} \\ t &= 0.4 && \text{m} \\ \rho_{\text{baja}} &= 7850 && \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 0.7 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.112 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.112 \text{ m}^3 \\ &= 879.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 879.2 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 546.67 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta m_1 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 879.2 \text{ kg} - 546.67 \text{ kg} \\ &= 332.53 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Asumsi 2

Diketahui :

$$\begin{aligned} p &= 0.7 && \text{m} \\ l &= 0.5 && \text{m} \\ t &= 0.4 && \text{m} \\ \rho_{\text{baja}} &= 7850 && \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 0.7 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.14 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.14 \text{ m}^3 \\ &= 1099 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 1099 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 546.67 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_2 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 1099 \text{ kg} - 546.67 \text{ kg} \\ &= 552.33 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Asumsi 3

Diketahui	:		
p	=	0.7	m
l	=	0.5	m
t	=	0.5	m
ρ baja	=	7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.7 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 0.175 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.175 \text{ m}^3 \\ &= 1373.75 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 1373.75 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 546.67 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_3 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 1373.75 \text{ kg} - 546.67 \text{ kg} \\ &= 827.08 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka hasil yang paling efisien adalah hasil yang memiliki selisih terkecil diantara 3 buah asumsi tersebut. Asumsi yang paling efisien pada variabel 2 yaitu asumsi ke-1 dengan selisih 332.53 kg.

c. Variabel 3

Diketahui	:		
Panjang beban	=	0.6	m
Panjang <i>mast</i> atas	=	3.142	m
Panjang <i>mast</i> bawah	=	1.052	m

Massa Bawah (MB)	= 23.52	kg
Massa <i>Mast</i> Atas (MMA)	= 222.426	kg
Massa <i>Mast</i> Bawah (MMB)	= Massa Bawah + Massa Beban	
	Minimum	
	= MB + m _b	

Ditanya : Massa Beban Minimum (m_b) ?

Jawaban :

- $x = \frac{1}{2} \times \text{panjang beban}$
 $= \frac{1}{2} \times 0.6 \text{ meter}$
 $= 0.3 \text{ meter}$
- $a = \text{Panjang mast bawah} - x$
 $= 1.052 \text{ meter} - 0.3 \text{ meter}$
 $= 0.752 \text{ meter}$
- $b = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast bawah}$
 $= \frac{1}{2} \times 1.052 \text{ meter}$
 $= 0.526 \text{ meter}$
- $c = \frac{a + b}{2}$
 $= \frac{0.752 + 0.526}{2}$
 $= 0.639 \text{ meter}$
- $d = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast atas}$
 $= \frac{1}{2} \times 3.148 \text{ meter}$
 $= 1.574 \text{ meter}$

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= 0 \\ \tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\ W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ \text{dengan } \theta = 90^\circ ; \sin 90^\circ &= 1 \\ m_1 \times r_1 &= m_2 \times r_2 \\ \text{MMB} \times c &= \text{MMA} \times d \\ (\text{MB} + m_b) \times c &= (\text{MMA} \times d) \\ (\text{MB} + m_b) &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_b &= \frac{MMA \times d}{c} - MB \\
&= \frac{222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m}}{0.639 \text{ m}} - 23.52 \text{ kg} \\
&= 547.88 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\
&= 524.36 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beban minimum yang diperlukan supaya *mast* seimbang pada posisi horizontal adalah 524.36 kg.

Dari hasil data beban minimum pada posisi horizontal, maka beban harus lebih berat daripada posisi beban minimum sehingga *mast* yang semula dalam posisi horizontal menjadi posisi vertikal.

Untuk mencari massa beban yang sesungguhnya, maka dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{V} \\
m &= \rho \times V
\end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
\rho &= \text{Massa Jenis Baja} && (\text{kg/m}^3) \\
m &= \text{Massa Beban} && (\text{kg}) \\
V &= \text{Volume Beban} && (\text{m}^3)
\end{aligned}$$

Dari rumus tersebut, maka dapat dicari massa beban sehingga ditemukan ukuran yang efisien dalam pengaplikasian beban tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 jenis asumsi ukuran.

1. Asumsi 1

Diketahui	:		
p	=	0.6	m
l	=	0.4	m
t	=	0.4	m
ρ_{baja}	=	7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (*m*) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
V &= p \times l \times t \\
&= 0.6 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\
&= 0.096 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m &= \rho \times V \\
&= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.096 \text{ m}^3 \\
&= 753.6 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 753.6 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 524.36 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_1 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 753.6 \text{ kg} - 524.36 \text{ kg} \\ &= 229.24 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Asumsi 2

Diketahui	:		
p	=	0.6	m
l	=	0.5	m
t	=	0.4	m
ρ_{baja}	=	7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?
 Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.6 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.12 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.12 \text{ m}^3 \\ &= 942 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 942 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 524.36 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu:

$$\begin{aligned}\Delta m_2 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 942 \text{ kg} - 524.36 \text{ kg} \\ &= 417.64 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Asumsi 3

Diketahui:			
p	=	0.6	m
l	=	0.5	m
t	=	0.5	m
ρ_{baja}	=	7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?
 Jawaban :

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 0.6 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\
 &= 0.15 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \times V \\
 &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.15 \text{ m}^3 \\
 &= 1177.5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 1177.5 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 524.36 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}
 \Delta m_3 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\
 &= 1177.5 \text{ kg} - 524.36 \text{ kg} \\
 &= 653.14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka hasil yang paling efisien adalah hasil yang memiliki selisih terkecil diantara 3 buah asumsi tersebut. Asumsi yang paling efisien pada variabel 3 yaitu asumsi ke-1 dengan selisih 229.24 kg.

d. Variabel 4

Diketahui	:	
Panjang beban	= 0.5	m
Panjang <i>mast</i> atas	= 3.142	m
Panjang <i>mast</i> bawah	= 1.052	m
Massa Bawah (MB)	= 23.52	kg
Massa <i>Mast</i> Atas (MMA)	= 222.426	kg
Massa <i>Mast</i> Bawah (MMB)	= Massa Bawah + Massa Beban Minimum	
	= MB + m _b	

Ditanya : Massa Beban Minimum (m_b) ?

Jawaban :

- $$\begin{aligned}
 x &= \frac{1}{2} \times \text{panjang beban} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ meter} \\
 &= 0.25 \text{ meter}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 a &= \text{Panjang } mast \text{ bawah} - x \\
 &= 1.052 \text{ meter} - 0.25 \text{ meter} \\
 &= 0.775 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- $b = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast bawah}$
 $= \frac{1}{2} \times 1.052 \text{ meter}$
 $= 0.526 \text{ meter}$
- $c = \frac{a+b}{2}$
 $= \frac{0.775 + 0.526}{2}$
 $= 0.65 \text{ meter}$
- $d = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast atas}$
 $= \frac{1}{2} \times 3.148 \text{ meter}$
 $= 1.574 \text{ meter}$

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= 0 \\ \tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\ W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ m_1 \times \cancel{g} \sin \theta r_1 &= m_2 \times \cancel{g} \sin \theta r_2 \\ \text{dengan } \theta = 90^\circ ; \sin 90^\circ &= 1 \\ m_1 \times r_1 &= m_2 \times r_2 \\ \text{MMB} \times c &= \text{MMA} \times d \\ (\text{MB} + m_b) \times c &= (\text{MMA} \times d) \\ (\text{MB} + m_b) &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} \\ m_b &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} - \text{MB} \\ &= \frac{222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m}}{0.65 \text{ m}} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 538.61 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 515.09 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beban minimum yang diperlukan supaya *mast* seimbang pada posisi horizontal adalah 515.09 kg.

Dari hasil data beban minimum pada posisi horizontal, maka beban harus lebih berat daripada posisi beban minimum sehingga *mast* yang semula dalam posisi horizontal menjadi posisi vertikal.

Untuk mencari massa beban yang sesungguhnya, maka dapat dicari dengan:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \times V$$

Dimana:

ρ	= Massa Jenis Baja	(kg/m ³)
m	= Massa Beban	(kg)
V	= Volume Beban	(m ³)

Dari rumus tersebut, maka dapat dicari massa beban sehingga ditemukan ukuran yang efisien dalam pengaplikasian beban tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 jenis asumsi ukuran.

1. Asumsi 1

Diketahui	:		
p	= 0.5	m	
l	= 0.4	m	
t	= 0.4	m	
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³	

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.08 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.08 \text{ m}^3 \\ &= 628 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 628 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 515.09 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu:

$$\begin{aligned}\Delta m_1 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 628 \text{ kg} - 515.09 \text{ kg} \\ &= 112.91 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Asumsi 2

Diketahui	:		
p	= 0.5	m	
l	= 0.5	m	
t	= 0.4	m	
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³	

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\
 &= 0.1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \times V \\
 &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.1 \text{ m}^3 \\
 &= 785 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 785 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 515.09 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \Delta m_2 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\
 &= 785 \text{ kg} - 515.09 \text{ kg} \\
 &= 269.91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Asumsi 3

Diketahui	:	
p	= 0.5	m
l	= 0.5	m
t	= 0.5	m
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\
 &= 0.125 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \times V \\
 &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.125 \text{ m}^3 \\
 &= 981.25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 981.25 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 515.09 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}
 \Delta m_3 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\
 &= 981.25 \text{ kg} - 515.09 \text{ kg} \\
 &= 466.16 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka hasil yang paling efisien adalah hasil yang memiliki selisih terkecil diantara 3 buah asumsi tersebut. Asumsi yang paling efisien pada variabel 4 yaitu asumsi ke-1 dengan selisih 112.91 kg.

e. Variabel 5

Diketahui	:		
Panjang beban	=	0.4	m
Panjang <i>mast</i> atas	=	3.142	m
Panjang <i>mast</i> bawah	=	1.052	m
Massa Bawah (MB)	=	23.52	kg
Massa <i>Mast</i> Atas (MMA)	=	222.426	kg
Massa <i>Mast</i> Bawah (MMB)	=	Massa Bawah + Massa Beban Minimum	
	=	MB + m _b	

Ditanya : Massa Beban Minimum (m_b) ?

Jawaban :

- $$x = \frac{1}{2} \times \text{panjang beban}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.4 \text{ meter}$$

$$= 0.2 \text{ meter}$$
- $$a = \text{Panjang } mast \text{ bawah} - x$$

$$= 1.052 \text{ meter} - 0.2 \text{ meter}$$

$$= 0.852 \text{ meter}$$
- $$b = \frac{1}{2} \times \text{panjang } mast \text{ bawah}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.052 \text{ meter}$$

$$= 0.526 \text{ meter}$$
- $$c = \frac{a + b}{2}$$

$$= \frac{0.852 + 0.526}{2}$$

$$= 0.689 \text{ meter}$$
- $$d = \frac{1}{2} \times \text{panjang } mast \text{ atas}$$

$$= \frac{1}{2} \times 3.148 \text{ meter}$$

$$= 1.574 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma\tau &= 0 \\
\tau_1 - \tau_2 &= 0 \\
\tau_1 &= \tau_2 \\
F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\
W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\
m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\
m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\
&\text{dengan } \theta = 90^\circ ; \sin 90^\circ = 1 \\
m_1 \times r_1 &= m_2 \times r_2 \\
MMB \times c &= MMA \times d \\
(MB + m_b) \times c &= (MMA \times d) \\
(MB + m_b) &= \frac{MMA \times d}{c} \\
m_b &= \frac{MMA \times d}{c} - MB \\
&= \frac{222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m}}{0.689 \text{ m}} - 23.52 \text{ kg} \\
&= 508.125 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\
&= 484.605 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beban minimum yang diperlukan supaya *mast* seimbang pada posisi horizontal adalah 484.605 kg.

Dari hasil data beban minimum pada posisi horizontal, maka beban harus lebih berat daripada posisi beban minimum sehingga *mast* yang semula dalam posisi horizontal menjadi posisi vertikal.

Untuk mencari massa beban yang sesungguhnya, maka dapat dicari dengan:

$$\rho = \frac{m}{V} \\
m = \rho \times V$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
\rho &= \text{Massa Jenis Baja} && (\text{kg/m}^3) \\
m &= \text{Massa Beban} && (\text{kg}) \\
V &= \text{Volume Beban} && (\text{m}^3)
\end{aligned}$$

Dari rumus tersebut, maka dapat dicari massa beban sehingga ditemukan ukuran yang efisien dalam pengaplikasian beban tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 jenis asumsi ukuran.

1. Asumsi 1

Diketahui:

$$\begin{aligned}
p &= 0.4 && \text{m} \\
l &= 0.4 && \text{m} \\
t &= 0.4 && \text{m} \\
\rho_{\text{baja}} &= 7850 && \text{kg/m}^3
\end{aligned}$$

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?
Jawaban :

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.064 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.064 \text{ m}^3 \\ &= 502.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 502.4 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 484.605 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta m_1 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 502.4 \text{ kg} - 484.605 \text{ kg} \\ &= 17.795 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Asumsi 2

Diketahui :

p	$= 0.4$	m
l	$= 0.5$	m
t	$= 0.4$	m
ρ_{baja}	$= 7850$	kg/m^3

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?
Jawaban :

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \\ &= 0.08 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.08 \text{ m}^3 \\ &= 628 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 628 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 484.605 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta m_2 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 628 \text{ kg} - 484.605 \text{ kg} \\ &= 143.395 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Asumsi 3

Diketahui	:	
p	=	0.4 m
l	=	0.5 m
t	=	0.5 m
ρ_{baja}	=	7850 kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\
 &= 0.1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \times V \\
 &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.1 \text{ m}^3 \\
 &= 785 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 785 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 484.605 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \Delta m_3 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\
 &= 785 \text{ kg} - 484.605 \text{ kg} \\
 &= 300.395 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka hasil yang paling efisien adalah hasil yang memiliki selisih terkecil diantara 3 buah asumsi tersebut. Asumsi yang paling efisien pada variabel 5 yaitu asumsi ke-1 dengan selisih 17.795 kg.

f. Variabel 6

Diketahui	:	
Panjang beban	=	0.3 m
Panjang <i>mast</i> atas	=	3.142 m
Panjang <i>mast</i> bawah	=	1.052 m
Massa Bawah (MB)	=	23.52 kg
Massa <i>Mast</i> Atas (MMA)	=	222.426 kg
Massa <i>Mast</i> Bawah (MMB)	=	Massa Bawah + Massa Beban Minimum
	=	MB + m_b

Ditanya : Massa Beban Minimum (m_b) ?

Jawaban :

- $x = \frac{1}{2} \times \text{panjang beban}$
 $= \frac{1}{2} \times 0.3 \text{ meter}$
 $= 0.15 \text{ meter}$
- $a = \text{Panjang mast bawah} - x$
 $= 1.052 \text{ meter} - 0.15 \text{ meter}$
 $= 0.902 \text{ meter}$
- $b = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast bawah}$
 $= \frac{1}{2} \times 1.052 \text{ meter}$
 $= 0.526 \text{ meter}$
- $c = \frac{a + b}{2}$
 $= \frac{0.902 + 0.526}{2}$
 $= 0.714 \text{ meter}$
- $d = \frac{1}{2} \times \text{panjang mast atas}$
 $= \frac{1}{2} \times 3.148 \text{ meter}$
 $= 1.574 \text{ meter}$

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= 0 \\ \tau_1 &= \tau_2 \\ F_1 \sin \theta r_1 &= F_2 \sin \theta r_2 \\ W_1 \sin \theta r_1 &= W_2 \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ m_1 \times g \sin \theta r_1 &= m_2 \times g \sin \theta r_2 \\ &\text{dengan } \theta = 90^\circ ; \sin 90^\circ = 1 \\ m_1 \times r_1 &= m_2 \times r_2 \\ \text{MMB} \times c &= \text{MMA} \times d \\ (\text{MB} + m_b) \times c &= (\text{MMA} \times d) \\ (\text{MB} + m_b) &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} \\ m_b &= \frac{\text{MMA} \times d}{c} - \text{MB} \\ &= \frac{222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m}}{0.714 \text{ m}} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 490.334 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 466.814 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beban minimum yang diperlukan supaya *mast* seimbang pada posisi horizontal adalah 466.814 kg.

Dari hasil data beban minimum pada posisi horizontal, maka beban harus lebih berat daripada posisi beban minimum sehingga *mast* yang semula dalam posisi horizontal menjadi posisi vertikal.

Untuk mencari massa beban yang sesungguhnya, maka dapat dicari dengan:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \times V$$

Dimana:

ρ	= Massa Jenis Baja	(kg/m ³)
m	= Massa Beban	(kg)
V	= Volume Beban	(m ³)

Dari rumus tersebut, maka dapat dicari massa beban sehingga ditemukan ukuran yang efisien dalam pengaplikasian beban tersebut. Dalam hal ini menggunakan 3 jenis asumsi ukuran.

1. Asumsi 1

Diketahui	:	
p	= 0.3	m
l	= 0.4	m
t	= 0.5	m
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$V = p \times l \times t$$

$$= 0.3 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$$

$$= 0.06 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \times V$$

$$= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.06 \text{ m}^3$$

$$= 471 \text{ kg}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 471 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 466.814 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu:

$$\Delta m_1 = \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal}$$

$$= 471 \text{ kg} - 466.814 \text{ kg}$$

$$= 4.186 \text{ kg}$$

2. Asumsi 2

Diketahui	:	
p	= 0.3	m
l	= 0.5	m
t	= 0.5	m
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 0.075 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.075 \text{ m}^3 \\ &= 588.75 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 588.75 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 466.814 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_2 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 588.75 \text{ kg} - 466.814 \text{ kg} \\ &= 121.936 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Asumsi 3

Diketahui	:	
p	= 0.3	m
l	= 0.5	m
t	= 0.6	m
ρ_{baja}	= 7850	kg/m ³

Ditanya : Massa beban sesungguhnya (m) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}V &= p \times l \times t \\ &= 0.3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \\ &= 0.09 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \rho \times V \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.09 \text{ m}^3 \\ &= 706.5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi massa beban sesungguhnya yaitu 706.5 kg, sehingga memenuhi dari massa beban minimal yaitu 466.814 kg. Sehingga didapatkan selisih antara massa beban sesungguhnya dengan massa beban minimal, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m_3 &= \text{Massa beban sesungguhnya} - \text{Massa beban minimal} \\ &= 706.5 \text{ kg} - 466.814 \text{ kg} \\ &= 239.686 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka hasil yang paling efisien adalah hasil yang memiliki selisih terkecil diantara 3 buah asumsi tersebut. Asumsi yang paling efisien pada variabel 6 yaitu asumsi ke-1 dengan selisih 4.186 kg.

Jadi dari hasil dengan menggunakan 6 buah variabel, dan masing-masing variabel menggunakan 3 buah asumsi maka didapatkan data yang efisien antara beban minimal pada kondisi seimbang dan beban sesungguhnya yang menggunakan bahan baja.

Tabel 4.2. Hasil Akhir Perbandingan Beban

Variabel	Panjang Beban	Beban Minimal	Beban Sesungguhnya	Selisih Beban
1	0.8 meter	570.87 kilogram	1004.8 kilogram	433.93 kilogram
2	0.7 meter	546.67 kilogram	879.2 kilogram	332.53 kilogram
3	0.6 meter	524.36 kilogram	753.6 kilogram	229.24 kilogram
4	0.5 meter	515.09 kilogram	628 kilogram	112.91 kilogram
5	0.4 meter	484.605 kilogram	502.4 kilogram	17.795 kilogram
6	0.3 meter	466.814 kilogram	471 kilogram	4.186 kilogram

Dari hasil data tersebut, maka beban yang efisien untuk direalisasikan adalah beban pada variabel ke-6 dengan panjang: 0.3 meter, lebar: 0.4 meter dan tinggi: 0.5 meter. Maka dapat ditentukan:

1. Massa *Mast* Atas (MMA) = Massa Total *Mast* Tanpa Beban - Massa Bawah

$$\begin{aligned}&= m_{\text{Total TB}} - MB \\ &= 245.946 \text{ kg} - 23.52 \text{ kg} \\ &= 222.426 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \text{ Massa Mast Bawah (MMB)} &= \text{Massa Bawah} + \text{Massa Beban Sesungguhnya} \\
&= 23.52 \text{ kg} + 471 \text{ kg} \\
&= 494.52 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Massa total *mast* sesungguhnya = Massa *Mast* Atas (MMA) + Massa *Mast* Bawah (MMB)

$$\begin{aligned}
m_{\text{Total}} &= 222.426 \text{ kg} + 494.52 \text{ kg} \\
m_{\text{Total}} &= 716.946 \text{ kg}
\end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Perpindahan Posisi *Mast* Tanpa Tali Dan Motor

Pada perhitungan sebelumnya dalam posisi *mast* horizontal didapatkan bahwa beban minimum MMB untuk dapat seimbang dengan MMA adalah 446.814 kilogram. Dengan kebutuhan beban minimum tersebut, lalu untuk penggunaan beban sesungguhnya menggunakan bahan baja dengan massa jenis baja adalah 7850 kg/m^3 . Dengan penggunaan bahan baja tersebut, didapatkan bahwa massa beban sesungguhnya adalah 471 kilogram, dengan selisih beban minimum dan beban sesungguhnya adalah 4.186 kilogram.

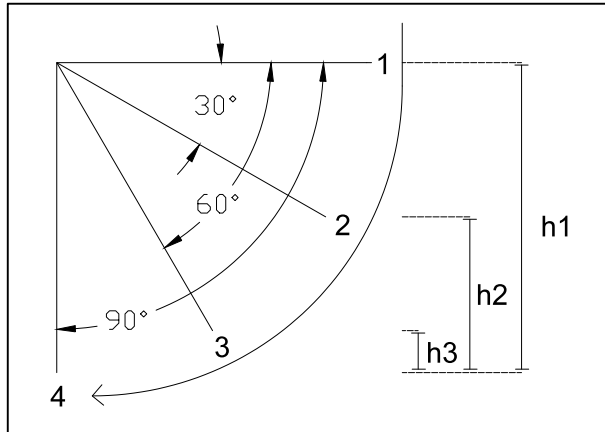
Dengan *mast* pada posisi horizontal tersebut dengan bebannya, maka dapat ditentukan *mast* dengan posisi vertikal yaitu dengan menggunakan prinsip Hukum Kekekalan Energi (Hukum 1 Termodinamika). Hukum Kekekalan Energi adalah energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Dengan menggunakan Hukum Kekekalan Energi, yaitu:

$$E_{m_1} = E_{m_2} = E_{m_3} = E_{m_4}$$

$$\begin{aligned}
E_m &= E_p + E_k \\
&= m g h + \frac{1}{2} m v^2
\end{aligned}$$

Dimana:

E_m	= Energi Mekanik	(J)
E_p	= Energi Potensial	(J)
E_k	= Energi Kinetik	(J)
m	= Massa Benda	(kg)
g	= Gravitasi	(m/s^2)
h	= Ketinggian	(m)
v	= Kecepatan	(m/s)



Gambar 4.5. Pembagian Ketinggian dan Sudut Mast

Dengan menggunakan Hukum Kekekalan Energi, maka dapat ditentukan waktu disaat mast dalam posisi 1 (horizontal) menuju mast dalam posisi 4 (vertikal). Untuk menentukan waktu, dapat digunakan dengan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) yang didasari oleh Hukum Newton II. Rumus GLBB yang digunakan pertama adalah :

$$vt^2 = v_0^2 + 2 a s$$

$$a = \frac{vt^2}{v_0^2 + 2 s}$$

Dengan bentuk perubahan posisi berbentuk lingkaran, maka dapat menggunakan rumus keliling lingkaran, yaitu:

$$K = \pi d$$

$$s = \frac{\theta}{360^\circ} \pi 2 r$$

Dengan rumus GLBB yang pertama dan rumurs keliling lingkaran tersebut, maka selanjutnya dapat menggunakan rumus GLBB yang kedua, yaitu:

$$vt = v_0 + a t$$

$$t = \frac{vt}{v_0 + a}$$

Dimana:

vt	= Kecepatan Sesaat Benda	$(m/s)^2$
v_0	= Kecepatan Awal Benda	$(m/s)^2$
a	= Percepatan Benda	(m/s^2)
s	= Jarak Tempuh Benda	(m)
π	= Konstanta	
r	= Jari-jari Lingkaran	(m)
t	= Waktu	(s)

a. Mast pada Posisi 1 (horizontal) ke posisi 2

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 1.052 && \text{m} \\
 r &= h_1 \\
 &= 1.052 && \text{m} \\
 v_1 &= 0 && \text{m/s} \\
 m &= 4.186 && \text{kg} \\
 g &= 10 && \text{m/s}^2 \\
 \pi &= 3.14 \\
 \theta &= 30^\circ
 \end{aligned}$$

Ditanya : Waktu dari posisi 1 ke posisi 2 (t) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 E_{m_1} &= E_{m_2} \\
 E_{p_1} + E_{k_1} &= E_{p_2} + E_{k_2} \\
 m g h_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 &= m g h_2 + \frac{1}{2} m v_2^2 \\
 \cancel{m} g h_1 + \frac{1}{2} \cancel{m} 0^2 &= \cancel{m} g h_2 + \frac{1}{2} \cancel{m} v_2^2 \\
 g h_1 &= g h_2 + \frac{1}{2} v_2^2 \\
 g h_1 &= g [h_1 - (h_1 \sin \theta)] + \frac{1}{2} v_2^2 \\
 g h_1 &= g [h_1 (1 - \sin \theta)] + \frac{1}{2} v_2^2 \\
 g h_1 &= g [h_1 (1 - \sin \theta)] + \frac{1}{2} v_2^2 \\
 g h_1 - g h_1 (1 - \sin \theta) &= \frac{1}{2} v_2^2 \\
 [g h_1 - g h_1 (1 - \sin \theta)] \times 2 &= v_2^2 \\
 v_2 &= \sqrt{2 [g h_1 - g h_1 (1 - \sin \theta)]} \\
 &= \sqrt{2 [g h_1 - g h_1 + (g h_1 \sin 30)]} \\
 &= \sqrt{2 [g h_1 \sin 30]} \\
 &= \sqrt{2 g h_1 \sin 30} \\
 &= \sqrt{2 \times 10 \times 1.052 \times 0.5} \text{ m/s} \\
 &= 3.243 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi d \\
 s &= \frac{\theta}{360^\circ} \pi 2 r \\
 &= \frac{30^\circ}{360^\circ} \times 3.14 \times 2 \times 1.052 \text{ m} \\
 &= 0.083 \times 6.606 \text{ m} \\
 &= 0.548 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 vt^2 &= v_0^2 + 2 a s \\
 a &= \frac{v_2^2}{v_0^2 + 2 s} \\
 &= \frac{v_2^2}{v_1^2 + 2 s} \\
 &= \frac{3.243^2 \text{ m/s}}{0^2 + 2 \times 0.548 \text{ m}} \\
 &= \frac{10.517 \text{ (m/s)}^2}{1.096 \text{ m}} \\
 &= 9.595 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 vt &= v_0 + a t \\
 v_2 &= v_0 + a t \\
 t &= \frac{v_2}{v_0 + a} \\
 &= \frac{3.243 \text{ m/s}}{0 + 9.595 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.337 \text{ s}
 \end{aligned}$$

b. Mast pada Posisi 1 (horizontal) ke posisi 3

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 1.052 && \text{m} \\
 r &= h_1 \\
 &= 1.052 && \text{m} \\
 v_1 &= 0 && \text{m/s} \\
 m &= 4.186 && \text{kg} \\
 g &= 10 && \text{m/s}^2 \\
 \pi &= 3.14 \\
 \theta &= 60^\circ
 \end{aligned}$$

Ditanya : Waktu dari posisi 1 ke posisi 3 (t) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 E_{m_1} &= E_{m_3} \\
 E_{p_1} + E_{k_1} &= E_{p_3} + E_{k_3} \\
 m g h_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 &= m g h_3 + \frac{1}{2} m v_3^2 \\
 \cancel{m} g h_1 + \frac{1}{2} \cancel{m} 0^2 &= \cancel{m} g h_3 + \frac{1}{2} \cancel{m} v_3^2 \\
 g h_1 &= g h_3 + \frac{1}{2} v_3^2 \\
 g h_1 &= g [h_1 - (h_1 \sin \theta)] + \frac{1}{2} v_3^2 \\
 g h_1 &= g [h_1 (1 - \sin \theta)] + \frac{1}{2} v_3^2 \\
 g h_1 &= g [h_1 (1 - \sin \theta)] + \frac{1}{2} v_3^2 \\
 g h_1 - g h_1 (1 - \sin \theta) &= \frac{1}{2} v_3^2 \\
 [g h_1 - g h_1 (1 - \sin \theta)] \times 2 &= v_3^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
v_3 &= \sqrt{2 [g h_1 - g h_1 (1 - \sin \theta)]} \\
&= \sqrt{2 [g h_1 - g h_1 + (g h_1 \sin 60)]} \\
&= \sqrt{2 [g h_1 \sin 60]} \\
&= \sqrt{2 g h_1 \sin 60} \\
&= \sqrt{2 \times 10 \times 1.052 \times 0.866} \text{ m/s} \\
&= 4.268 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K &= \pi d \\
s &= \frac{\theta}{360^\circ} \pi 2 r \\
&= \frac{60^\circ}{360^\circ} \times 3.14 \times 2 \times 1.052 \text{ m} \\
&= 0.166 \times 6.606 \text{ m} \\
&= 1.096 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
vt^2 &= v_0^2 + 2 a s \\
a &= \frac{v_3^2}{v_0^2 + 2 s} \\
&= \frac{v_3^2}{v_0^2 + 2 s} \\
&= \frac{4.268^2 \text{ m/s}}{0^2 + 2 \times 1.096 \text{ m}} \\
&= \frac{18.215 \text{ (m/s)}^2}{2.192 \text{ m}} \\
&= 8.309 \text{ m/s}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
vt &= v_0 + a t \\
v_3 &= v_0 + a t \\
t &= \frac{v_3}{v_0 + a} \\
&= \frac{4.268 \text{ m/s}}{0 + 8.309 \text{ m/s}^2} \\
&= 0.513 \text{ s}
\end{aligned}$$

c. Mast pada Posisi 1 (horizontal) ke posisi 4 (vertikal)

Diketahui:

$$\begin{aligned}
h_1 &= 1.052 && \text{m} \\
h_4 &= 0 && \text{m} \\
r &= h_1 \\
&= 1.052 && \text{m} \\
v_1 &= 0 && \text{m/s} \\
m &= 4.186 && \text{kg} \\
g &= 10 && \text{m/s}^2 \\
\pi &= 3.14 \\
\theta &= 90^\circ
\end{aligned}$$

Ditanya : Waktu dari posisi 1 ke posisi 4 (t) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 E_{m_1} &= E_{m_4} \\
 E_{p_1} + E_{k_1} &= E_{p_4} + E_{k_4} \\
 m g h_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 &= m g h_4 + \frac{1}{2} m v_4^2 \\
 \cancel{m} g h_1 + \frac{1}{2} \cancel{m} 0^2 &= \cancel{m} g 0 + \frac{1}{2} \cancel{m} v_4^2 \\
 g h_1 &= \frac{1}{2} v_4^2 \\
 g h_1 \times 2 &= v_4^2 \\
 v_4 &= \sqrt{2 \times g \times h_1} \\
 &= \sqrt{2 \times 10 \times 1.052} \\
 &= \sqrt{2 \times 10.52} \\
 &= \sqrt{21.04} \text{ m/s} \\
 &= 4.586 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi d \\
 s &= \frac{\theta}{360^\circ} \pi 2 r \\
 &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 3.14 \times 2 \times 1.052 \text{ m} \\
 &= 0.25 \times 6.606 \text{ m} \\
 &= 1.651 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 vt^2 &= v_0^2 + 2 a s \\
 a &= \frac{v_4^2}{v_0^2 + 2 s} \\
 &= \frac{v_4^2}{v_1^2 + 2 s} \\
 &= \frac{4.586^2 \text{ m/s}}{0^2 + 2 \times 1.651 \text{ m}} \\
 &= \frac{21.031 \text{ (m/s)}^2}{3.302 \text{ m}} \\
 &= 6.369 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

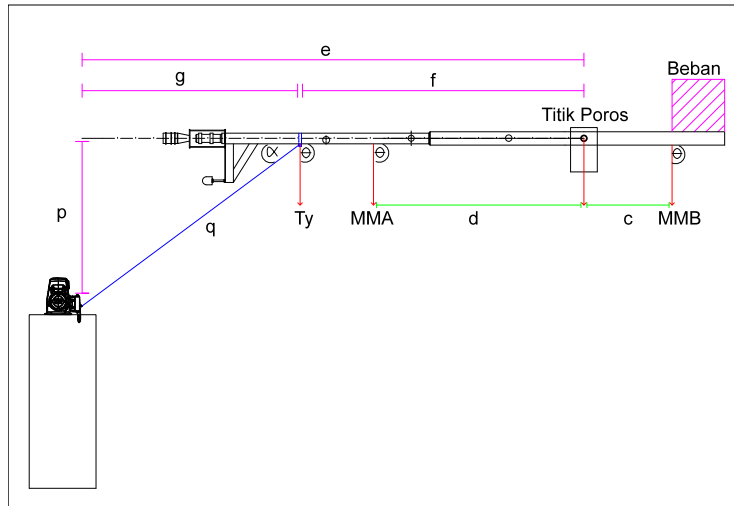
$$\begin{aligned}
 vt &= v_0 + a t \\
 v_4 &= v_0 + a t \\
 t &= \frac{v_4}{v_0 + a} \\
 &= \frac{4.586 \text{ m/s}}{0 + 6.369 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.720 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data diatas, dapat disimpulkan bahwa *mast* dalam posisi horizontal menuju *mast* dalam posisi vertikal membutuhkan waktu 0.720 detik dengan kecepatan 4.586 m/s.

4.5 Perhitungan Tegangan Tali

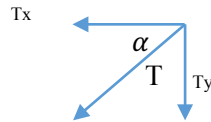
4.5.1 Perhitungan Tegangan Tali Pada Posisi 90° (Horizontal)

Setelah mendapatkan data dari beban, maka langkah berikutnya mencari tegangan tali sehingga didapatkan posisi titik tali pada *mast* dan posisi letak dari motor.



Gambar 4.6. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor

$$\begin{aligned}\Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T_y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T_y \times g \sin \theta r_3 \\ \text{dengan } \theta = 90^\circ ; \sin 90^\circ &= 1 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T_y \times r_3\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{dengan } T_y &= T \sin \alpha \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g}\end{aligned}$$

Dimana:

- c = Jarak titik poros ke rata-rata titik pusat *mast* bawah (m)
- d = Jarak titik poros ke titik pusat *mast* atas (m)

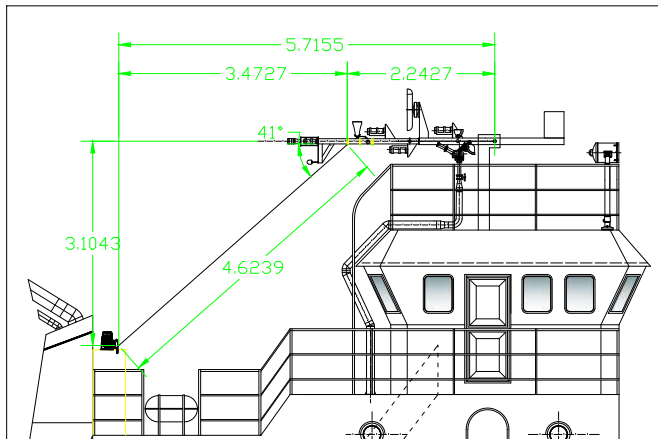
- p = Jarak Motor tegak lurus dengan ujung *mast* (m)
 q = Jarak Motor dengan ujung tali (m)
 e = Jarak Titik Poros dengan ujung *mast* (m)
 f = Jarak Titik Poros dengan ujung tali (m)
 g = Jarak ujung tali dengan ujung *mast* tegak lurus dengan motor (m)
 T = Tegangan tali (kg)
 MMA = Massa *Mast* Atas (kg)
 MMB = Massa *Mast* Bawah (kg)
 α = Sudut *mast* dengan tali (°)

Pada penelitian kali ini, perencanaan titik tali dan titik motor sehingga tali dan motor dapat bekerja secara efisien. Untuk mencari titik tali dan motor yang efisien, maka digunakan 9 variabel percobaan penempatan titik motor dan tali pada *mast*, yaitu:

Tabel 4.3. Pembagian Variabel Tali dan Motor

Variabel	p	g	α
1	3.104 meter	3.472 meter	41°
2	3.104 meter	3.660 meter	40°
3	3.104 meter	3.847 meter	38°
4	3.404 meter	3.472 meter	44°
5	3.404 meter	3.660 meter	42°
6	3.404 meter	3.847 meter	41°
7	3.704 meter	3.472 meter	46°
8	3.704 meter	3.660 meter	45°
9	3.704 meter	3.847 meter	44°

a. Variabel 1



Gambar 4.7. Pembagian Dimensi *Mast*, Tali dan Motor (Variabel 1)

Diketahui :

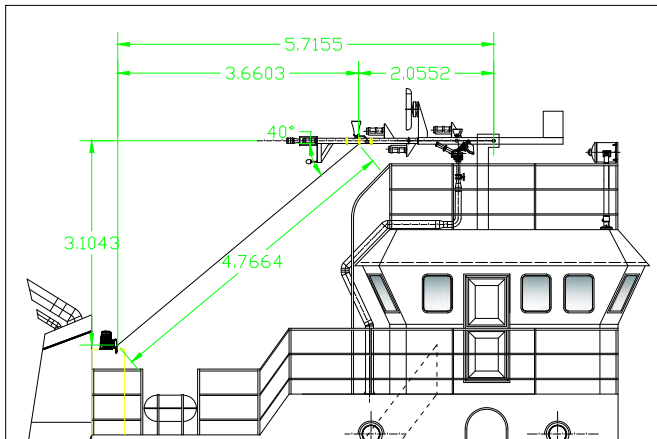
c = 0.714 m
d = 1.574 m
p = 3.104 m
q = 4.623 m
e = 5.715 m
f = 2.242 m
g = 3.472 m
MMA = 222.426 kg
MMB = 494.52 kg
 $\alpha = 41^\circ$

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 41^\circ \times 3.472 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.656 \times 3.472 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.277 \text{ m}} \\ &= 1.312 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Variabel 2



Gambar 4.8. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 2)

Diketahui :

c = 0.714 m

d = 1.574 m

p = 3.104 m

q = 4.766 m

e = 5.715 m

f = 2.055 m

g = 3.660 m

MMA = 222.426 kg

MMB = 494.52 kg

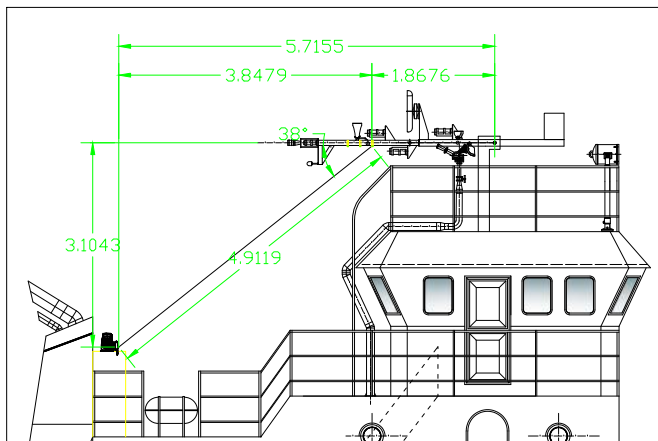
$\alpha = 40^\circ$

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 40^\circ \times 3.660 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.642 \times 3.660 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.352 \text{ m}} \\ &= 1.270 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Variabel 3



Gambar 4.9. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 3)

Diketahui :

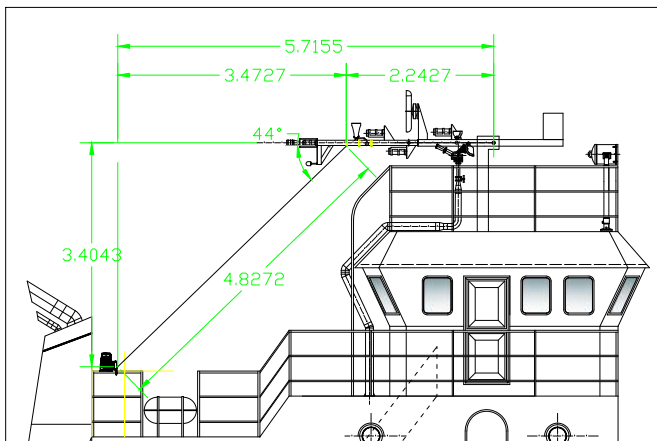
c = 0.714 m
d = 1.574 m
p = 3.104 m
q = 4.911 m
e = 5.715 m
f = 1.867 m
g = 3.847 m
MMA = 222.426 kg
MMB = 494.52 kg
 α = 38°

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 38^\circ \times 3.847 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.615 \times 3.847 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.368 \text{ m}} \\ &= 1.262 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Variabel 4



Gambar 4.10. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 4)

Diketahui :

c = 0.714 m

d = 1.574 m

p = 3.404 m

q = 4.827 m

e = 5.715 m

f = 2.242 m

g = 3.472 m

MMA = 222.426 kg

MMB = 494.52 kg

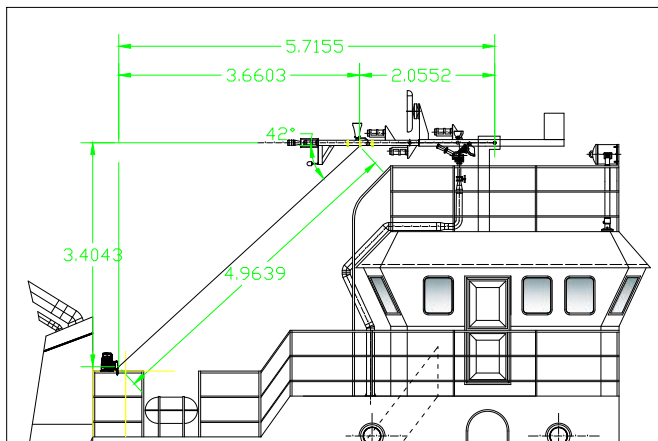
α = 44°

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 44^\circ \times 3.472 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.694 \times 3.472 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.411 \text{ m}} \\ &= 1.239 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Variabel 5



Gambar 4.11. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 5)

Diketahui :

c = 0.714 m

d = 1.574 m

p = 3.404 m

q = 4.963 m

e = 5.715 m

f = 2.055 m

g = 3.660 m

MMA = 222.426 kg

MMB = 494.52 kg

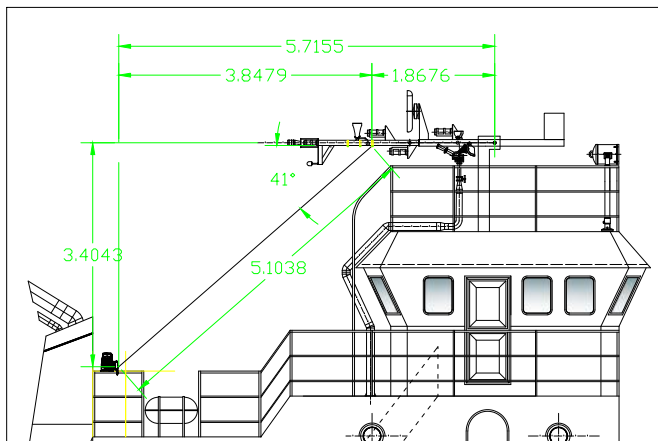
$\alpha = 42^\circ$

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 42^\circ \times 3.660 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.669 \times 3.660 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.449 \text{ m}} \\ &= 1.220 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. Variabel 6



Gambar 4.12. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 6)

Diketahui :

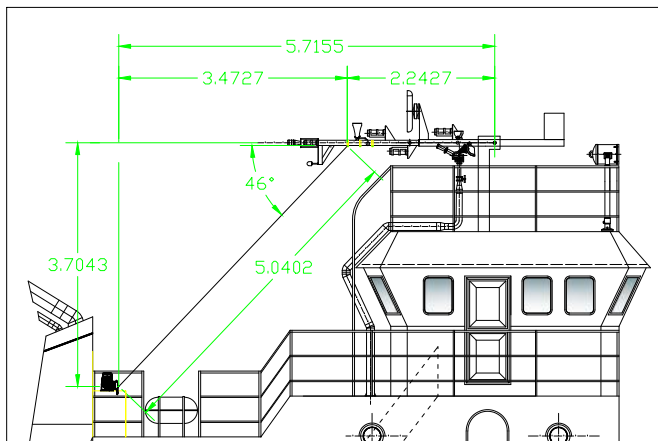
c = 0.714 m
d = 1.574 m
p = 3.404 m
q = 5.103 m
e = 5.715 m
f = 1.867 m
g = 3.847 m
MMA = 222.426 kg
MMB = 494.52 kg
 α = 41°

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 41^\circ \times 3.847 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.656 \times 3.847 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.523 \text{ m}} \\ &= 1.184 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. Variabel 7



Gambar 4.13. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 7)

Diketahui :

c = 0.714 m

d = 1.574 m

p = 3.704 m

q = 5.040 m

e = 5.715 m

f = 2.242 m

g = 3.472 m

MMA = 222.426 kg

MMB = 494.52 kg

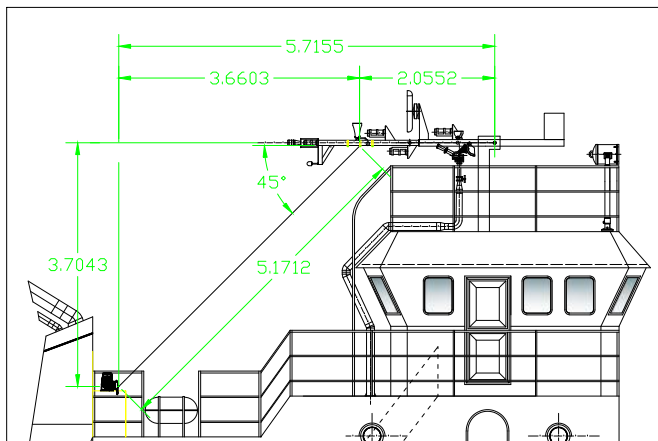
$\alpha = 46^\circ$

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 46^\circ \times 3.472 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.719 \times 3.472 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.497 \text{ m}} \\ &= 1.197 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Variabel 8



Gambar 4.14. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 8)

Diketahui :

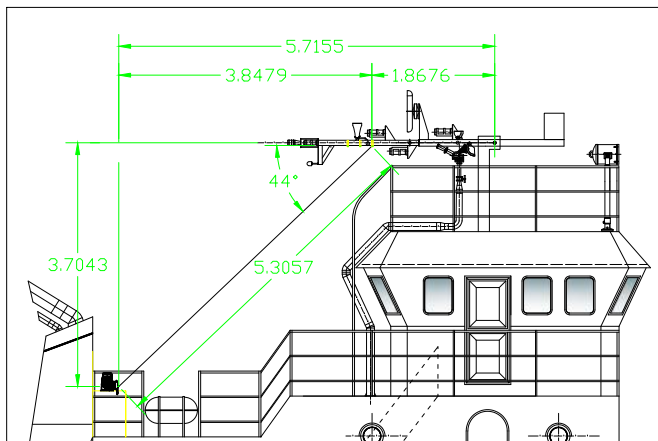
c = 0.714 m
d = 1.574 m
p = 3.704 m
q = 5.171 m
e = 5.715 m
f = 2.055 m
g = 3.660 m
MMA = 222.426 kg
MMB = 494.52 kg
 α = 45°

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 45^\circ \times 3.660 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.707 \times 3.660 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.588 \text{ m}} \\ &= 1.154 \text{ kg} \end{aligned}$$

i. Variabel 9



Gambar 4.15. Pembagian Dimensi Mast, Tali dan Motor (Variabel 9)

Diketahui :

c = 0.714 m
d = 1.574 m
p = 3.704 m
q = 5.305 m
e = 5.715 m
f = 1.867 m
g = 3.847 m
MMA = 222.426 kg
MMB = 494.52 kg
 α = 44°

Ditanya : Tegangan tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned} \Sigma \tau &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 - \tau_3 &= 0 \\ \tau_1 - \tau_2 &= \tau_3 \\ (W_1 \sin \theta r_1) - (W_2 \sin \theta r_2) &= W_3 \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times g \sin \theta r_1) - (m_2 \times g \sin \theta r_2) &= T y \times g \sin \theta r_3 \\ (m_1 \times r_1) - (m_2 \times r_2) &= T y \times r_3 \\ (MMB \times c) - (MMA \times d) &= T \sin \alpha \times g \\ T &= \frac{(MMB \times c) - (MMA \times d)}{\sin \alpha \times g} \\ &= \frac{(494.52 \text{ kg} \times 0.714 \text{ m}) - (222.426 \text{ kg} \times 1.574 \text{ m})}{\sin 44^\circ \times 3.847 \text{ m}} \\ &= \frac{(353.087 \text{ kgm}) - (350.098 \text{ kgm})}{0.694 \times 3.847 \text{ m}} \\ &= \frac{2.989 \text{ kgm}}{2.672 \text{ m}} \\ &= 1.118 \text{ kg} \end{aligned}$$

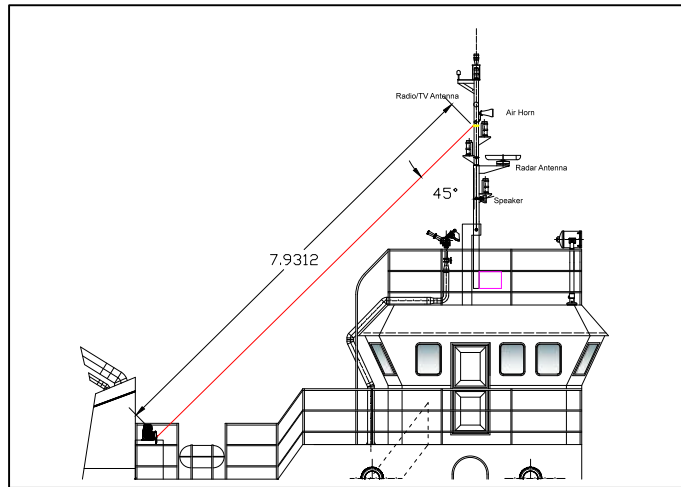
Tabel 4.4. Hasil Akhir Pembagian Variabel Tali dan Motor

Variabel	p	g	α	T
1	3.104 meter	3.472 meter	41°	1.312 kilogram
2	3.104 meter	3.660 meter	40°	1.270 kilogram
3	3.104 meter	3.847 meter	38°	1.264 kilogram
4	3.404 meter	3.472 meter	44°	1.239 kilogram
5	3.404 meter	3.660 meter	42°	1.220 kilogram
6	3.404 meter	3.847 meter	41°	1.184 kilogram
7	3.704 meter	3.472 meter	46°	1.197 kilogram
8	3.704 meter	3.660 meter	45°	1.154 kilogram
9	3.704 meter	3.847 meter	44°	1.118 kilogram

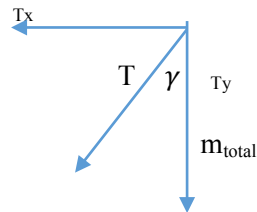
Dari hasil data tersebut, maka tegangan tali yang efisien untuk direalisasikan adalah tegangan tali yang menahan beban minimum yaitu 1.118 kilogram. Dari hasil tegangan tali tersebut maka dapat juga ditentukan tempat posisi motor yaitu 3.704 meter dari ujung motor yang tegak lurus dengan ujung *mast* dan juga dapat ditentukan

tempat posisi ujung tali yaitu 3.847 meter dari ujung tali dengan ujung *mast* tegak lurus dengan motor.

4.5.2 Perhitungan Tegangan Tali Pada Posisi 0° (Vertikal) / Saat Akan Ditarik



Gambar 4.16. Sudut Mast dengan Tali



$$\begin{aligned}
 T &= \sqrt{\text{Sumbu } x^2 + \text{Sumbu } y^2} \\
 T^2 &= T_x^2 + m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 &= T^2 \sin^2 \gamma + m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 - T^2 \sin^2 \gamma &= m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 (1 - \sin^2 \gamma) &= m_{\text{total}}^2 \\
 \text{dimana; } \cos^2 \gamma + \sin^2 \gamma &= 1 \\
 \cos^2 \gamma &= 1 - \sin^2 \gamma \\
 T^2 \cos^2 \gamma &= m_{\text{total}}^2 \\
 (T \cos \gamma)^2 &= m_{\text{total}}^2 \\
 T \cos \gamma &= m_{\text{total}} \\
 T &= \frac{m_{\text{total}}}{\cos \gamma}
 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 m_{\text{total}} &= 716.946 \text{ kg} \\
 \gamma &= 45^\circ
 \end{aligned}$$

Ditanya : Tegangan Tali (T) ?

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 T &= \sqrt{\text{Sumbu } x^2 + \text{Sumbu } y^2} \\
 T^2 &= T_x^2 + m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 &= T^2 \sin^2 \gamma + m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 - T^2 \sin^2 \gamma &= m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 (1 - \sin^2 \gamma) &= m_{\text{total}}^2 \\
 T^2 \cos^2 \gamma &= m_{\text{total}}^2 \\
 (T \cos \gamma)^2 &= m_{\text{total}}^2 \\
 T \cos \gamma &= m_{\text{total}} \\
 T &= \frac{m_{\text{total}}}{\cos \gamma} \\
 T &= \frac{716.946 \text{ kg}}{\cos 45^\circ} \\
 T &= \frac{716.946 \text{ kg}}{0.707} \\
 T &= 1014.067 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil data tersebut, maka tegangan tali maksimum yang dibutuhkan pada posisi vertikal (ketika akan ditarik) adalah 1014.067 kg dengan panjang tali 7.931 meter. Maka dari hasil tersebut dapat ditentukan jenis motor dan tali yang dibutuhkan sehingga dapat menarik beban.

4.6 Pemilihan Motor, Tali dan Remote

4.6.1 Pemilihan Motor dan Tali

Dengan beban maksimum yang ditahan oleh tali yaitu 1014.067 kilogram maka dicari spesifikasi dari motor dan tali yang dapat mengatasi beban tersebut. Motor dan tali yang dipilih adalah



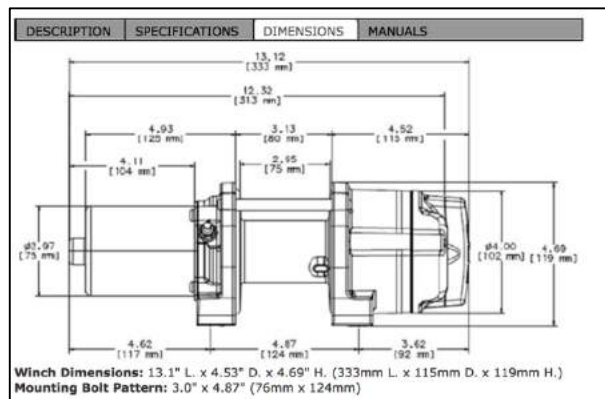
Gambar 4.17. Motor dan Tali WARN ProVantage 2500-s
(Sumber: [https:// www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp](https://www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp))

DESCRIPTION	SPECIFICATIONS	DIMENSIONS	MANUALS
<p>This winch comes standard with premium-grade components and 15m of 5mm synthetic rope. This rope has market-leading strength, is lightweight, and is easy to handle-perfect for those who push the limits on the trails. This top-of-the-line 1134 kg capacity winch, with all-metal end housings, has all the features you want and the durability and reliability you need.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 15m x 5mm synthetic rope with double-powder-coated hawse fairlead • Hook, tie rods, and body feature attractive, corrosion-resistant black finish • Three-stage planetary gear train for smooth, efficient operation. • Patented roller disc brake for outstanding control while winching • Ergonomic clutch handle • Fully sealed motor and drive train to keep the elements out • Plow roller fairlead • Mini rocker control switch • Wireless remote • CE Compliant 			

Gambar 4.18. Deskripsi WARN ProVantage 2500-s
(Sumber: [https:// www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp](https://www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp))

DESCRIPTION	SPECIFICATIONS	DIMENSIONS	MANUALS
SPECS/PART NUMBERS			
Winch model: WARN ProVantage 2500-S			
Part numbers: 91026			
Rated line pull: 2500 lbs. (1134 kg)			
Motor: 12V Permanent Magnet			
Sealing: Full			
Geartrain: 3-Stage Planetary			
Rope Material: Synthetic			
Rope length & diameter: 50' x 3/16" (15m x 5mm)			
Primary Control: Handlebar Mini-Rocker			
Remote Control: Wireless			
Best for plow lifting: Yes			
Brake: Patented Roller Disc			
Certifications: CE Compliant			
Mechanical Warranty: 3 Year			
Electrical Warranty: 3 Year			
PERFORMANCE DATA			
Line Pull Lbs.(Kgs.)	Line Speed FT./min(M/min.)	Motor Current	Pull by layer layer/Lbs(Kgs.)
0	18.7 (5.7)	16.8	1/2500 (1134)
500 (227)	14.3 (4.4)	43.4	2/2125 (964)
1000 (454)	11.5 (3.5)	68.8	3/1806 (819)
1500 (680)	9.0 (2.7)	93.9	4/1535 (696)
2000 (907)	6.9 (2.1)	121.0	
2500 (1134)	5.4 (1.6)	152.4	

Gambar 4.19. Spesifikasi WARN ProVantage 2500-s
(Sumber: [https:// www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp](https://www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp))



Gambar 4.20. Dimensi WARN ProVantage 2500-s
(Sumber: [https:// www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp](https://www.warn.com/atv/winches/ProVantage_2500-s.jsp))

Dengan beban maksimum yang ditahan oleh tali yaitu 1014.067 kilogram maka diperlukan sebuah motor dan tali yang dapat menarik beban tersebut. Maka motor yang digunakan adalah WARN ProVantage 2500-s dan tali *synthetic rope* dengan panjang tali 15 meter, lebar 5 mm dan kapasitas motor dan tali hingga 1134 kilogram. Maka, motor dan tali memenuhi kebutuhan yang diperlukan dengan kapasitas 1014.067 kilogram dan panjang tali adalah 7.931 meter.

4.6.2 Pemilihan *Remote*

Pada penelitian ini menggunakan sistem otomasi. Sistem otomasi menggunakan *Wireless Control*. *Wireless Control* yang digunakan berupa *remote*, sehingga dengan *remote* awak kapal dapat menaik-menurunkan *mast* dengan perantara tali yang terhubung langsung dengan mesin.



Gambar 4.21. Remote Wireless Control

(Sumber: https://www.warn.com/atv/accessories/wireless_remote.jsp)

DESCRIPTION	MANUALS
<p>The WARN Wireless Control System lets you remotely control your WARN powersports winch from up to 50' away. It plugs in where you'd normally attach your corded remote. It works with WARN 1.5ci, 2.5ci, 3.0ci winches; WARN XT/RT winches (not compatible with XT portable, 85700); and WARN ProVantage/Vantage winches. Weatherproof transmitter has two large buttons making it easy to operate, even while wearing gloves. Two-color LED provides clear operator feedback.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control your winch from up to 50' away • Works with WARN 1.5ci, 2.5ci, 3.0ci; XT/RT (not compatible with XT portable, 85700); and WARN ProVantage/Vantage winches* • Sealed for protection against the element • Activation sequence guards against accidental power-ups • Kit includes wireless transmitter, receiver, holster, wiring and mounting hardware <p>* May not work with WARN co-branded winches. Call WARN Customer Service for details.</p> <p>PN 90288</p>	

Gambar 4.22. Deskripsi Remote Wireless Control

(Sumber: https://www.warn.com/atv/accessories/wireless_remote.jsp)

Remote yang digunakan mempunyai jangkauan hingga 50 ft (15.24 m). *Remote* tersebut akan ditempatkan pada ruang kemudi. Jarak antara posisi motor dengan ruang kemudi adalah 5.715 meter. Dengan jarak antara posisi motor dengan ruang kemudi tersebut, maka *remote* yang dipilih memenuhi dalam penggunaannya.

4.7 Perhitungan Perpindahan Posisi *Mast* Dengan Tali Dan Motor

Setelah dapat menentukan spesifikasi dari motor, tali dan *remote*, maka dapat ditentukan perubahan waktu diposisi saat akan ditarik (vertikal) menuju horizontal maupun sebaliknya dengan asumsi beban konstan dan beban yang digunakan adalah beban maksimum tegangan tali.

Diketahui :

Tegangan tali maksimum (T) = 1014.067 kg
Line pull = 907 kgs dengan *line speed* = 2.1 M/min
Line pull = 1134 kgs dengan *line speed* = 1.6 M/min
 Panjang tali posisi vertikal = 7.931 m
 Panjang tali posisi horizontal = 5.305 m
 Selisih panjang tali (s) = 2.626 m

Ditanya : Waktu dari posisi saat akan ditarik (vertikal) ke horizontal maupun sebaliknya (t)?

Jawaban :

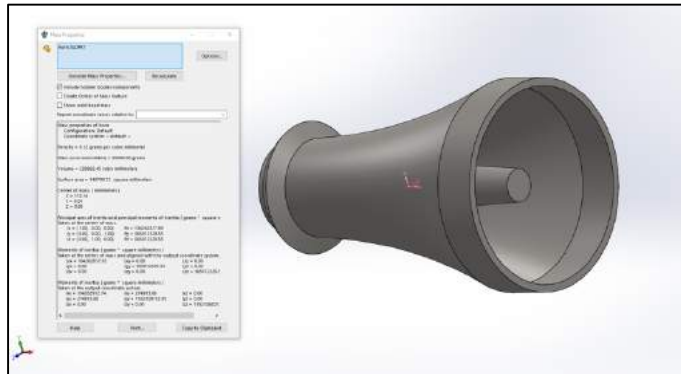
<u><i>Line Pull</i> (kgs)</u>	=	<u><i>Line Speed</i> (M/min)</u>
907	=	2.1
1014.067	=	<i>v</i>
1134	=	1.6

$$\frac{1014.067 \text{ kgs} - 907 \text{ kgs}}{1134 \text{ kgs} - 907 \text{ kgs}} = \frac{v - 2.1 \text{ M/min}}{1.6 \text{ M/min} - 2.1 \text{ M/min}}$$

$$\frac{107.067 \text{ kgs}}{227 \text{ kgs}} = \frac{v - 2.1 \text{ M/min}}{-0.5 \text{ M/min}}$$

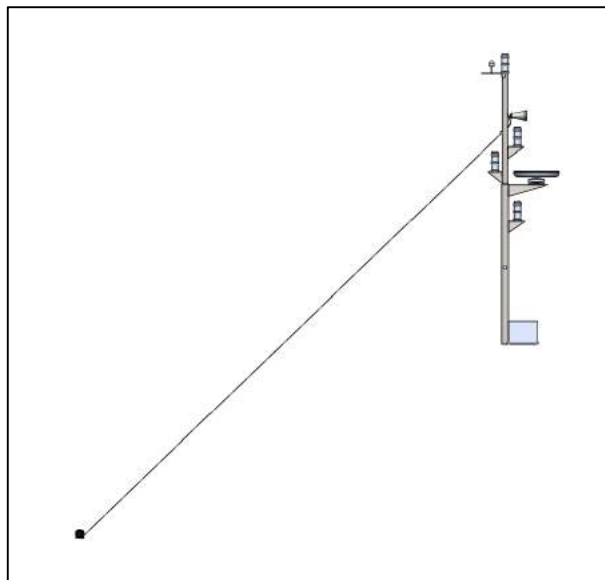
$$\begin{aligned} -0.5 \text{ M/min} \times 107.067 &= 227 (v - 2.1 \text{ M/min}) \\ -53.533 \text{ M/min} &= 227 v \text{ M/min} - 476.7 \text{ M/min} \\ 476.7 \text{ M/min} - 53.533 \text{ M/min} &= 227 v \text{ M/min} \\ 423.166 \text{ M/min} &= 227 v \text{ M/min} \\ \frac{423.166 \text{ M/min}}{227 \text{ M/min}} &= v \\ v &= 1.864 \text{ M/min} \end{aligned}$$

2. *Input* beban pada masing-masing komponen dilakukan *input* beban sesuai dengan data beban sehingga menghasilkan kondisi sesungguhnya yang diperlukan. Pada Gambar berikut merupakan gambar *horn* dengan berat 65 kilogram dan merupakan salah satu contoh komponen yang terdapat pada *mast* kapal *tugboat*.



Gambar 4.24. Input Beban Pada Komponen Horn

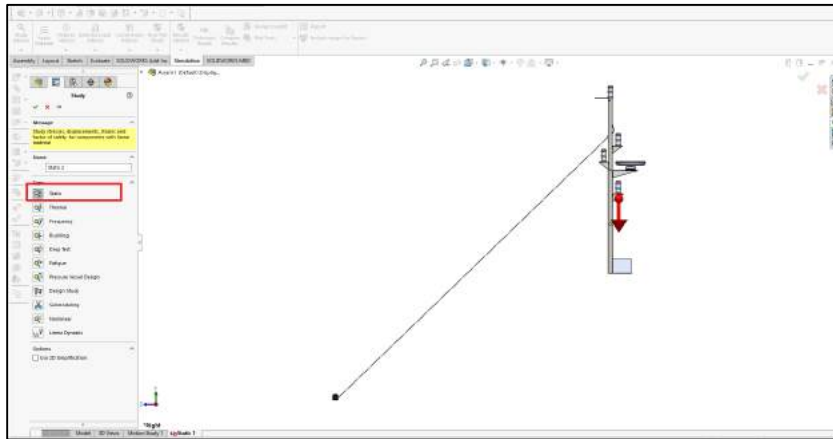
3. *Assembly mast* dengan *winch*, gambar berikut merupakan gambar gabungan antara *mast* dengan *winch* yang telah dipilih dengan jarak antara *mast* dengan *wicnh* sesuai dengan data yang telah didapatkan.



Gambar 4.25. Assembly Mast Dengan Winch

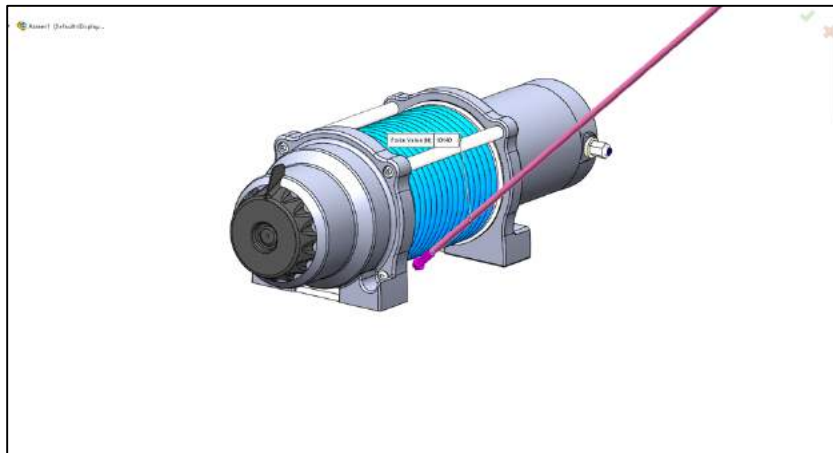
4. Langkah berikutnya adalah simulasi Statis, pada gambar berikut merupakan simulasi statis pada *software solidwork*. Simulasi statis yang dipilih karena

benda dalam keadaan diam dan diberi gaya tarik yang menggunakan *winch* sehingga bertujuan untuk mengetahui tegangan pada tali.



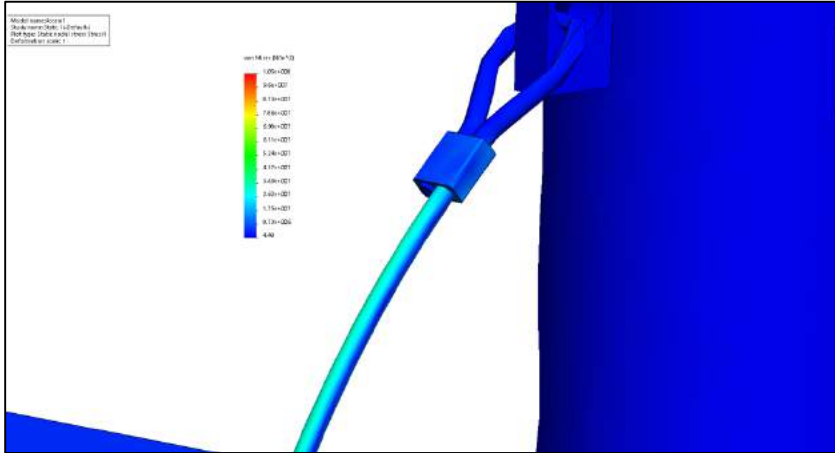
Gambar 4.26. Simulasi Statis

- Langkah berikutnya adalah *input* gaya pada tali sesuai dengan data yang didapatkan sebesar 1014.067 kg.



Gambar 4.27. Input Gaya Pada Tali

- Langkah terakhir adalah melihat hasil simulasi. Dari hasil simulasi tersebut membuktikan bahwa tali yang digunakan masih mampu menahan beban maksimum yang terjadi pada posisi *mast* yang akan ditarik yaitu 1014.067 kg (10140.67 Newton). Dari hasil simulasi tersebut didapatkan tegangan yang terjadi pada tali dari ujung pada *mast* hingga ujung pada motor sebesar $2.62 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.



Gambar 4.28. Hasil Simulasi Software Solidwork

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa, pencarian beban untuk *mast* pada dari variabel ke-6 lebih efisien dibandingkan dengan 5 variabel lainnya yang menghasilkan massa total *mast* sebesar 716.946 kg. Dari data beban yang didapatkan, dilakukan perhitungan perubahan waktu *mast* posisi horizontal menuju *mast* posisi vertikal dengan waktu 0.720 detik dengan kecepatan 4.586 m/s. Analisa lain yang dilakukan adalah pencarian tegangan tali pada *mast* posisi horizontal dan *mast* pada posisi vertikal (saat akan ditarik). Pada saat *mast* dalam posisi horizontal, dilakukan juga analisa efisiensi penempatan motor dan penempatan pengait tali pada *mast* dengan menggunakan 9 variabel tempat yang berbeda. *Mast* pada posisi horizontal menghasilkan tegangan tali sebesar 1.118 kg dan *mast* pada posisi vertikal (saat akan ditarik) sebesar 1014.067 kg. Motor *winch* yang digunakan jenis WARN ProVantage 2500-s dan tali *synthetic rope* yang mempunyai kapasitas 1134 kg. Sistem otomasi yang menggunakan *remote wireless control* yang mempunyai jangkauan hingga 50 ft (15.24 m). Perubahan waktu menggunakan motor dan tali pada *mast* posisi vertikal (saat akan ditarik) menuju *mast* posisi horizontal dan sebaliknya dengan asumsi menggunakan beban konstan pada beban maksimal yang dihasilkan pada tegangan tali menghasilkan waktu sebesar 1.408 menit atau 84.48 detik. Pada Skripsi kali ini juga menggunakan *software solidwork* untuk mevalidasi tegangan tali maksimum dengan spesifikasi tali yang digunakan. Dari simulasi yang dilakukan didapatkan hasil bahwa tali masih dapat menahan beban maksimum tali dengan tegangan yang terjadi pada tali dari ujung pada *mast* dan ujung pada motor sebesar $2.62 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

5.2 Saran

1. Dilakukan analisa lebih lanjut jika menggunakan sistem hidrolis ataupun sistem mekanis lainnya yang berbeda dari analisa yang digunakan pada penelitian ini.
2. Dilakukan analisa lebih lanjut mengenai waktu yang dibutuhkan ketika beban pada *mast* tidak konstan.
3. Dilakukan analisa lebih lanjut mengenai efisiensi *winch* lainnya yang dapat digunakan.
4. Dilakukan analisa lebih lanjut dengan variabel lain seperti kecepatan angin, cuaca dan lain sebagainya.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia. "*Rules For The Classification And Construction*". *Seagoing Ships - Volume II - Rules For Hull - Edition 2017 - Section 21 - Hull Outfit - M. Signal and Radar Masts*.
- [2] Liana & Wisneskey. 2006. "*Handbook Of The Nautical Rules Of The Road*". *Annex I - Positioning and Technical Details of Navigation Lights*.
- [3] Putra, Stevan Manuky. 2014. "*Analisa Kekuatan Konstruksi Corrugated Watertight Bulkhead Dengan Transverse Plane Watertight Bulkhead Pada Pemasangan Pipa Di Ruang Muat Kapal Tanker*". Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [4] Industries, WARN. "*Atv & Side X Side Winches: ProVantage 2500-s*". [Dikutip 23 Desember 2017]. Tersedia dari: https://www.warn.com/atv/winches/Pro Vantage_2500-s.jsp.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN



PROVANTAGE 2500-S

Part Number: 90251, 91026

Rated Line Pull: 2500 lbs. (1134 kgs)

Motor: 12V DC, 0.9 hp (0.7 kW) Permanent Magnet, Sealed

Controls: Remote and Handlebar Mounted Mini Rocker

Gear train: 3-Stage Planetary

Gear Ratio: 154:1

Clutch (Freespool): Sliding Pin and Ring Gear

Brake: Roller Disk

Drum diameter/length: 2.0"/2.9" (52mm/74mm)

Kit Shipping Weight: 27.4 lbs. (12.4 kgs)

Rope: Synthetic, \varnothing 3/16" x 50' (\varnothing 4.8mm x 15 m)

Fairlead: Hawse

Recommended Battery: 12 Amp/hr minimum

Duty Cycle: Intermittent

Battery leads: 8 gauge

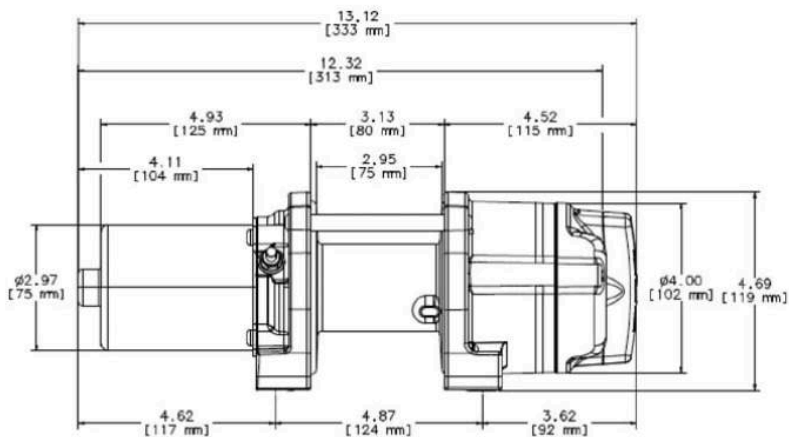
Finish: Black Powder Coat

Warranty: Limited Lifetime

Mounting Bolt Pattern: 3.0" x 4.88" (76mm x 124mm)

Winch Dimensions: 13.12" L x 4.51" D x 4.69" H (33.3cm L x 11.5cm D x 11.9cm H)

Winch Weight: 14.2 lbs. (6.4 kgs)



WARN Industries, Inc.

89353B0

PERFORMANCE DATA

Load lbs. (kgs)	Current (Amps)	Speed Ft/min. (m/min.)
2500 (1134)	152	5.4 (1.6)
2000 (907)	121	6.9 (2.1)
1500 (680)	93.9	9.0 (2.7)
1000 (454)	68.8	11.5 (3.5)
500 (227)	43.4	14.3 (4.4)
0	16.8	18.7 (5.7)

Pull by Layer Layer/lbs. (kgs.)
1/2500 (1134)
2/2105 (955)
3/1818 (825)
4/1600 (726)

DUTY CYCLES

Load lbs(kgs)	Run Time	Distance ft.(m)	Cool Time (min)
0	2.5 min	47 (14.3)	12
500 (227)	2.0 min	29 (8.8)	10
1000 (455)	1.0 min	11.5 (3.5)	10
1500 (680)	25 sec	4 (1.2)	10
2000 (907)	15 sec	2 (0.6)	10
2500 (1134)	10 sec	1 (0.3)	10

SERVICE INSTRUCTIONS

Should you encounter a problem during installation or operation of your winch, please follow these steps toward resolving the problem:

1. Refer to your operator's guide and installation instructions. It has illustrations and detailed information on the installation and safe and proper operation of your winch. It also includes a replacement parts list and assembly diagrams. If you are unable to resolve the problem, then go to step 2.
2. Contact your dealer where you purchased your winch. If, after discussing the problem with their parts and service staff, you are still unable to resolve the problem then go to step 3.
3. Call an Authorized WARN Service center from the list provided on the back of the warranty sheet included with the product. When calling, please have the following information available: winch model number and purchase date, make, model and year of vehicle.
4. If you are unable to resolve the problem to your satisfaction, please call Warn Industries Customer Service at: 1-800-543-9276. When calling, please have the following information available: winch model number and purchase date, make, model and year of vehicle. You may also contact Warn Industries by visiting our website: www.warn.com

Warn Industries, Inc.
 12900 S.E. Cappe Road
 Clackamas, OR USA 97015-8903
 1-503-722-1200 FAX: 1-503-722-3000
 www.warn.com
 Customer Service / Service Clients: 1-800-843-9278
 International Sales Support / Les Ventes Internationales
 International FAX: 503-722-3000

© 2012 Warn Industries, Inc.
 WARN® is the WARN logo and registered trade
 name of Warn Industries, Inc.
 WARN® et le logo WARN sont des marques
 déposées de Warn Industries, Inc.



ATV Wireless Remote

INSTALLATION AND OPERATOR'S GUIDE GUIDE D'INSTALLATION ET OPERATEUR

90293A0

FCC and IndustryCanada(CI) Warning:

- This device complies with Part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.
- The term "CI" before the radio certification number only signifies that Industry Canada's technical specifications were met.
- Any changes or modifications to this product not expressly approved by WARN Industries could void the user's authority to operate this product.



As you read these instructions, you will see WARNINGS, CAUTIONS, NOTES and NOTES. Each message has a specific purpose. WARNINGS are safety messages that indicate a potentially hazardous situation, which, if not avoided, could result in serious injury or death. CAUTIONS are safety messages that indicate a potentially hazardous situation which, if not avoided, may result in minor or moderate injury. A CAUTION may also be used to alert against unsafe practice. CAUTIONS and WARNINGS identify the hazard, indicate how to avoid hazard, and advise of the possible consequence of not avoiding the hazard. NOTES are messages to avoid property damage. NOTES are additional information to help you complete a procedure. PLEASE WORK SAFELY!

WARNING



MOVING PARTS ENTANGLEMENT HAZARD

Failure to observe these instructions could lead to severe injury or death.

To avoid injury to hands or fingers.

- Always keep hands clear of rope, hook loop, hook and fairlead opening during installation, operation, and when spooling in or out.
- Always use extreme caution when handling hook and rope during spooling operations.
- Always use supplied hook strap whenever spooling rope in or out, during installation and during operation.
- Always keep vehicle in sight during winching operation.
- Always wear heavy leather gloves when handling rope.

GENERAL SAFETY PRECAUTIONS

WARNING



CHEMICAL AND FIRE HAZARD

Failure to observe these instructions could lead to severe injury or death.

- Always remove jewelry and wear eye protection.
- Never lean over battery while making connections.
- Always verify area is clear of fuel lines, fuel tank, brake lines, electrical wires, etc. when drilling.
- Never route electrical cables:
 - Across any sharp edges.
 - Through or near moving parts.
 - Near parts that become hot.
- Always insulate and protect all exposed wiring and electrical terminals.
- Always install terminal boots as directed in installation instructions.

WARNING



FALLING OR CRUSHING HAZARD

Failure to observe these instructions could lead to severe injury or death.

- Never use winch to lift or move persons.
- Never use winch as a hoist or to support a load.
- Never operate winch with less than 5 wraps of rope around the drum. Rope could come loose from the drum, as the rope attachment to the drum is not designed to hold a load.

CAUTION

MOVING PARTS ENTANGLEMENT HAZARD
Failure to observe these instructions could lead to minor or moderate injury.

General Safety:

- Always Know Your Winch. Take time to fully read the Installation and Operations Guide, and Basic Guide to Winching Techniques, in order to understand your winch and its operation.
- Never operate this winch if you are under 16 years of age.
- Never operate this winch when under the influence of drugs, alcohol or medication.
- Never exceed winch or rope capacity listed on product data sheet. Double line using a snatch block to reduce winch load.
- Never use winch or rope for towing.

Installation Safety:

- Always choose a mounting location that is sufficiently strong to withstand the maximum pulling capacity of your winch.
- Always use factory approved mounting hardware, components, and accessories.
- Always use grade 5 (grade 8.8 metric) or better hardware.
- Never weld mounting bolts.
- Always use care when using longer bolts than those supplied from factory. Bolts that are too long can damage the base and/or prevent the winch from being mounted securely.
- Always mount the winch and attach the hook to the rope's end loop before connecting the electrical wiring.
- Always position fail-safe with WARNING label on top.
- Always spool the rope onto the drum in the direction specified by the winch warning label on the winch and/or documentation. This is required for the automatic brake (if so equipped) to function properly.
- Always prestretch rope and respect under load before use. Tightly wound rope reduces chances of "birding", which can damage the rope.

CAUTION

MOVING PARTS ENTANGLEMENT HAZARD
Failure to observe these instructions could lead to minor or moderate injury.

Winching Safety:

- Always inspect rope, hook, and slings before operating winch. Frayed, kinked or damaged rope must be replaced immediately. Damaged components must be replaced before operation. Protect parts from damage.
- Never leave wired remote control plugged into winch when free spooling, rigging, or when the winch is not being used.
- Never hook rope back onto itself. This damages the rope.
- Always use a choker chain, choker rope, or tree trunk protector on the anchor.
- Always remove any element or obstacle that may interfere with safe operation of the winch.
- Always take time to use appropriate rigging techniques for a winch pull.
- Always be certain the anchor you select will withstand the load and the strap or chain will not slip.
- Never engage or disengage clutch if winch is under load, rope is in tension or drum is moving.
- Always select an anchor point as far away as possible. This will provide the winch with its greatest pulling power.
- Never touch rope or hook while in tension or under load.
- Never touch rope or hook while someone else is at the control switch or during winching operation.
- Always stand clear of rope and load and keep others away while winching.
- Always be aware of stability of vehicle and load during winching, keep others away. Alert all bystanders of any unstable situation.
- Never use a winch to secure a load.

CAUTION

MOVING PARTS ENTANGLEMENT HAZARD
Failure to observe these instructions could lead to minor or moderate injury.

Winching Safety:

- Always keep wired remote control lead clear of the drum, rope, and rigging. Inspect for cracks, pinches, frayed wires or loose connections. Replace remote control if damaged.
- Always pass wired remote control through a window to avoid pinching lead in door, when using remote inside a vehicle.
- Never leave remote control where it can be actuated during free spooling, rigging, or when the winch is not being used.
- Always require operators and bystanders to be aware of vehicle and/or load.

CAUTION

MOVING PARTS ENTANGLEMENT HAZARD
Failure to observe these instructions could lead to minor or moderate injury.

Always use a hook with a latch.

Always ensure hook latch is closed and not supporting load.

Never apply load to hook tip or latch. Apply load only to the center of hook.

Never use a hook whose throat opening has increased, or whose tip is bent or twisted.

CAUTION

CUT AND BURN HAZARD
Failure to observe these instructions could lead to minor or moderate injury.

To avoid injury to hands or fingers:

- Always wear heavy leather gloves when handling a rope.
- Never let rope slip through your hands.
- Always be aware of possible hot surface at winch motor, drum or rope during or after winch use.

NOTICE

AVOID WINCH AND EQUIPMENT DAMAGE

- Always avoid side pulls which can pile up rope at one end of the drum. This can damage rope or winch.
- Always ensure the clutch is fully engaged or disengaged.
- Never use winch to tow other vehicles or objects. Shock loads can momentarily exceed capacity of rope and winch.
- Always avoid "powering out" rope for extended distances. This causes excess heat and wear on the winch motor and brake.
- Always use care to not damage the vehicle frame when anchoring to a vehicle during a winching operation.
- Never "jug" rope under load. Shock loads can momentarily exceed capacity of rope and winch.
- Never use winch to secure a load during transport.
- Never submerge winch in water.
- Always store the remote control in a protected, clean, dry area.
- Always double line or pick distant anchor point when rigging. This maximizes pulling power and avoids overloading the winch.

OVERVIEW

The WARN Wireless Control gives you the ability to operate the winch using a wireless hand held remote. The wireless control system integrates with the standard handbar switch and remote so that the operator may use either the wired or wireless controls at any time.

To use the wireless system, the operator first activates the system by pressing and holding both buttons on the wireless remote for 3 seconds. This transfers control of the winch to the wireless control system. The GREEN indicator light on the handheld remote glows when the system is active and ready to use. Deactivate the system by pressing both buttons on the wireless transmitter simultaneously and holding for 3 seconds until GREEN light turns off.

After 2 minutes of idle time, the wireless system de-activates.

SAFETY

When installing your winch and winch control system, read and follow all mounting and safety instructions. Always use caution when working with electricity and remember to verify that no exposed electrical connections exist before energizing your winch circuit.

SPECIFICATIONS

- Part number for complete system: PN 90288
- Transmission range: 15-27 m (50-90 ft)
- Receiver Operating voltage: 12 to 24 VDC
- Receiver Fuse type and current rating: ATC 7.5 amp
- Batteries for hand held remote: two alkaline, 12 volt, type 23

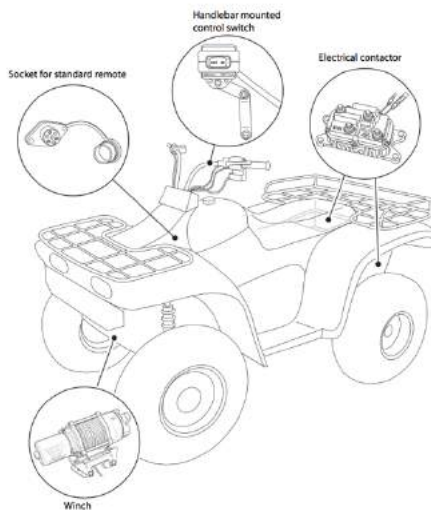
WIRELESS CONTROL KIT INCLUDES:

- Wireless Receiver/ Wiring Harness (1)
- Wireless Transmitter (1)
- Hooker Assembly (1)

STEP 1: MOUNT ALL WINCH COMPONENTS

First install the winch and other components including the controller, handbar switch, and socket for wired remote (optional on some models). Then install the wireless control system.

Location for these components may differ from the illustration depending on make and model of the ATV. Read and understand the instructions to choose the appropriate mounting locations.





WARNING
TO PREVENT SERIOUS INJURY OR DEATH FROM EXPLOSION:

- Do not drill into gas tank.
- Verify the area is clear behind the mounting location before drilling.



WARNING
TO AVOID SERIOUS INJURY OR DEATH FROM ELECTRICAL FIRE:

- Never route electrical cables:
 - Across any sharp edges.
 - Through or near moving parts.
 - Near parts that become hot.
- Always insulate and protect all exposed wiring and electrical terminals.

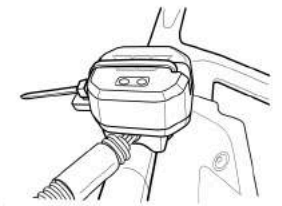
STEP 2: MOUNT THE RECEIVER

What is the receiver?
 The receiver is a vital safety component of your wireless winch system. It disconnects the winch from its power source when the ATV is not in use. The receiver must be correctly installed to work properly.

The receiver should be mounted in a location that is as clean and dry as possible while also allowing access to the programming button. The mounting location must also be within two feet of the contactor location.

Best locations for the receiver will vary depending on the ATV. Ensure the selected location does not collect or retain water and the mounting of the receiver does not block drain holes. The receiver can be attached to a frame tube of the ATV, typically near the rear storage box or under the seat.

- Mounting Steps:**
- Determining the mounting location.
 - If mounting on a frame tube, attach using the wire ties supplied as shown in figure below.
 - If mounting in vehicle chassis, attach using wire ties supplied.



STEP 3: ROUTE THE HARNESS

Locate the BLACK and GREEN wires running from the contactor to the left handlebar switch. Find the bullet connectors on these wires located near the contactor.

Plan a route for the wire harness between the receiver and these bullet connectors.

WARNING

TO AVOID SERIOUS INJURY OR DEATH FROM ELECTRICAL FIRE:

- Never route electrical cables:
 - Across any sharp edges.
 - Through or near moving parts.
 - Near parts that become hot.
- Always insulate and protect all exposed wiring and electrical terminals.



Use a test light to locate an accessory circuit wire.

STEP 4: CONNECT THE WIRING

- Note:** Refer to Figure 1.
- Pull apart the bullet connectors on the BLACK and GREEN wires identified in Step 3 above. These will be located near the contactor.
 - Connect the BLACK and GREEN wires to the same color wires on the wire harness as shown on the wiring diagram.
 - Connect the BLACK ground wire with the ring terminal to the contactor as shown.
 - Using a test light, locate a switched accessory wire attached to the ATV ignition system. The wire should only have power when the key is in the "ON" position.
 - Splice the RED wire to the key controlled accessory wire using the provided wire splice.
 - Use tie wraps to secure the wire harness.

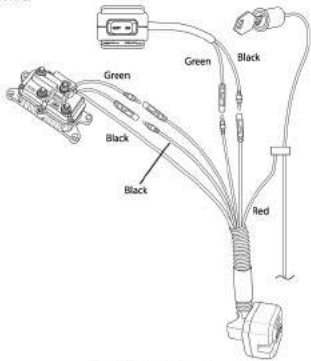
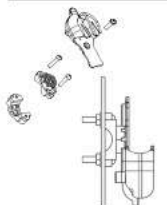


Figure 1: Wiring Installation Diagram

WARNING
TO AVOID SERIOUS INJURY OR DEATH:

- Always use caution when moving or repositioning any vehicle controls so as to not compromise the safe operation of the winch or vehicle. Select a mounting position that will provide clearance for all vehicle controls.
- Never attempt to bypass receiver by connecting switches directly to contactor.



CAUTION
ALWAYS KNOW YOUR WINCH:
 Before doing a system check, take time to fully understand your winch and the winching operations by reviewing the Basic Guide to Winching Techniques, included with your winch.



STEP 5: MOUNT THE HOLSTER

- For ATV use, the typical location for the holster is on the left handlebar:
- The holster clamp must be mounted before assembly
 - Do not tighten over any hoses, cables, or wiring.
 - For ATVs, it is recommended that the holster be clamped on the left handlebar. The clamp is designed to prevent rotation. If necessary, a piece of electrical tape around the handlebar may be used to prevent slipping.
 - For UTVs, the holster may be mounted on the dash or other convenient surface using two #10 or M5 machine screws and locknuts.
 - Assemble the holster as shown. Holster may be oriented in any one of eight positions.

STEP 6: SYSTEM CHECK

- Insure that wiring to all components is correct and all loose wires are securely tie wrapped.
- Insure that there are no exposed terminals or wiring. Cover any bare terminal with terminal boots, heat shrink tubing or electrical tape.
- Turn ATV ignition switch to the ON position.
- Check winch for proper operation using the handlebar switch. The wire rope should spool in and out in the direction indicated on the switch. If winch functions correctly, proceed to the next step. Otherwise troubleshoot.
- Press and hold both buttons on the wireless handheld remote until the GREEN indicator light comes on. The wireless system is now active and ready to use.
- By pressing the buttons on the remote, verify that the winch powers IN and powers OUT properly.

REPLACING BATTERIES

- If the indicator light on the handheld remote flashes RED during winching, the batteries are low and should be replaced.
- Remove the two screws from the handheld remote.
 - Separate the top and bottom sections of the remote using a coin or screw driver.
 - Remove the old batteries and dispose in accordance with local environmental regulations.
 - Insert new alkaline batteries as shown with the positive terminals facing the switches. Do not mix old and new batteries.
 - Join the top and bottom sections making sure that they snap together and rubber seal remains intact.
 - Secure with the two screws.

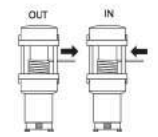
This WARN Wireless Control System has been designed to minimize interference from other sources of radio.

CAUTION
TO AVOID MINOR OR MODERATE INJURY:

- Always be aware that obstacle and other radio transmitter sources may affect performance.
- Always insure the matching WARN transmitter is closer to its receiver than other transmitters in use during winching.

CAUTION
TO AVOID MINOR OR MODERATE INJURY:

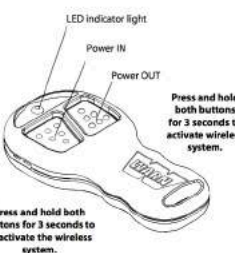
- Always use handlebar switch or wired remote when intermittently "jogging" winch.



OPERATION

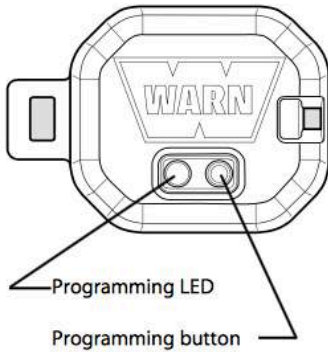
- Turn on sequence:**
- Activate the system by pressing both buttons on the wireless transmitter simultaneously and holding for 3 seconds until GREEN light illuminates.
 - The winch system is now operational.
 - Press the power IN button or power OUT button as needed.
- Turn off sequence:**
- Deactivate the system by pressing both buttons on the wireless transmitter simultaneously and holding for 3 seconds until GREEN light turns off.

LED Indicator Light
 Steady GREEN - system active and ready to use
 Steady RED - winch powering in or out
 Flashing RED during winching - battery low



TROUBLESHOOTING

- If the winch does not power in or out when remote buttons are pushed:
- Check that the wireless system has been activated (GREEN LED on remote is ON).
 - Check all electrical connections. Verify that connections follow the wiring diagram and instructions.
 - Insure that 10 seconds have passed since the standard wired control system was last used.



PROGRAMMING THE RECEIVER

The hand held remote (transmitter) is programmed from the factory to communicate with your specific receiver. Under normal circumstances programming will not be necessary. However, any replacement remote must be programmed to communicate with your receiver. Use the following procedure:

1. Insure the system is properly installed and connected.
2. Turn the ATV ignition key to ON.
3. Activate the system by pressing and holding both buttons until the GREEN LED lights up.
4. Press and hold the receiver programming button for at least five (5) seconds until the RED LED on the receiver lights up and stays on.
5. Release the programming button.
6. Press the power IN button on the remote for at least one (1) second until the RED LED on the receiver turns off. Programming is now complete.

NOTE: Only one remote can be programmed for each receiver.

⚠ WARNING

TO AVOID SERIOUS INJURY OR DEATH:

- Never attempt to service components inside transmitter or receiver.
- Always consult an authorized WARN service center for service or warranty.

WARRANTY

Please refer to the warranty sheet enclosed with your winch for details.

REPLACEMENT PART NUMBERS

Ordering information: Parts may be obtained through your local dealer or distributor.

Part Number	Description
PN 90290	Receiver Module/Wiring Harness
PN 74524	Holster
PN 74520	Replacement transmitter (remote)

The above list represents the most commonly requested replacement parts. A full listing of replacement and service parts are available. Check with your WARN authorized dealer or on the web: www.warn.com



**RULES FOR THE CLASSIFICATION AND
CONSTRUCTION**

PART 1. SEAGOING SHIPS

**VOLUME II
RULES FOR HULL**

2017 EDITION

BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

- = 0,72 for Fe 510 D1 (St 52-3)
- = 1,0 for Fe 360 B (R St 37-2)

4.2 Where aluminium alloys are used, the permissible stresses may be derived from multiplying the permissible stresses specified for ordinary hull structural steel by the factor $1/k_A$.

$k_{A\sigma}$ = material factor for aluminium according to Section 2, D.1.

5. Permissible deflection

5.1 The deflection of girders subjected to loads stipulated under 2. is not to exceed:

$$f = \frac{\ell}{200}$$

ℓ = unsupported span of girder.

5.2 An adequate safety distance should be maintained between the girders of a loaded deck and the top of car stowed on the deck below.

6. Buckling

The buckling strength of girders is to be proved according to Section 3, F., if required.

L. Life Saving Appliances

1. It is assumed that for the arrangement and operation of life boats and other life saving appliances the regulations of **SOLAS 74** or those of the competent Authority are complied with.

2. The design appraisal and testing of life boats with their launching appliances and of other life saving appliances are not part of Classification.

However, approval of the hull structure in way of the launching appliances taking into account the forces from the above appliances is part of classification.

M. Signal and Radar Masts

1. General

1.1 Drawings of masts, mast substructures and hull connections are to be submitted for approval.

1.2 Loose component parts are to comply with the Guidelines for Certification of Lifting Appliances (Pt. 7, Vol. I). They are to be tested by **BKI**.

1.3 Other masts than covered by 2. and 3. as well as special designs, shall as regards dimensions and construction in each case be individually agreed with **BKI**.

2. Single tubular masts

The following requirements apply to tubular or equivalent rectangular sections made of steel with an ultimate tensile strength of 400 N/mm², which are designed to carry only signals (navigation lanterns, flag and day signals).

2.1 Stayed masts

2.1.1 Stayed masts may be constructed as simply supported masts (rocker masts) or may be supported by one or more decks (constrained masts).

2.1.2 The diameter of stayed steel masts in the uppermost housing is to be at least 20 mm for each 1 m length of housing.

The length of the mast top above the hounds is not to exceed $1/3 \ell_w$ (ℓ_w denotes the housing [m]).

2.1.3 Mast according to 2.1.2 may be gradually tapered towards the hounds to 75% of the diameter at the uppermost housing. The plate thickness is not to be less than $1/70$ of the diameter or at least 4 mm, see 4.1.

2.1.4 Wire ropes for shrouds are to be thickly galvanized. It is recommended to use wire ropes composed of a minimum number of thick wires, as for instance a rope construction 6 x 7 with a tensile breaking strength of 1570 N/mm².

2.1.5 Where masts are stayed forward and aft by one shroud on each side of the ship, steel wire ropes are to be used with a tensile breaking strength of 1570 N/mm² according to Table 21.5.

Table 21.5 Rope and shackles of stayed steel masts

height of hound over the hauling of the shrouds	[m]	6	8	10	12	14	16
Rope diameter	[mm]	14	16	18	20	22	24
Nominal size of shackle, rigging screw, rope socket		2,5	3	4	5	6	8

2.1.6 Where steel wire ropes according to Table 21.5 are used, the following conditions apply:

$$b \geq 0,3 h$$

$$0,15 h \leq a \leq b$$

a = the distance of the hauling points of the shrouds from the transverse section through the hound.

b = the distance of the hauling points of the shrouds from the longitudinal section through the hound.

Alternative arrangements of staying are to be of equivalent stiffness

2.2 Unstayed masts

2.2.1 Unstayed masts may be completely constrained in the uppermost deck or be supported by two or more decks. (In general, the fastenings of masts to the hull of a ship should extend over at least one deck height).

2.2.2 The scantlings for unstayed steel masts are given in the Table 21.6

Table 21.6 Dimensions of unstayed steel masts

l_m	[m]	6	8	10	12	14
D x t	[mm]	160 x 4	220 x 4	290 x 4,5	360 x 5,5	430 x 6,5
l_m	=	length of mast from uppermost support to the top				
D	=	diameter of mast at uppermost support				
t	=	plate thickness of mast				

2.2.3 The diameter of masts may be gradually tapered to D/2 at the height of 0,75 l_m .

3. Box girder and frame work masts

3.1 For dimensioning the dead loads, acceleration forces and wind loads are to be considered.

3.2 Where necessary additional loads e. g. loads caused by the sea fastening of crane booms or tension wires are also to be considered.

3.3 Single tubular masts mounted on the top may be dimensioned according to 2.

3.4 In case of thin walled box girder masts stiffeners and additional buckling stiffeners may be necessary.

4. Structural details

4.1 Steel masts closed all-round are to have a wall thickness of at least 4 mm. For masts not closed all-round the minimum wall thickness is 6 mm. For masts used as funnels a corrosion addition of at least 1 mm is required.

4.2 The ship's side foundations are to be dimensioned in accordance with the acting forces.

4.3 Doubling plates at mast feet are permissible only for the transmission of compressive forces since they are generally not suitable for the transmission of tensile forces or bending moments.

4.4 In case of tubular constructions all welded fastenings and connections shall be of full penetration weld type.

4.5 If necessary, slim tubes are to be additionally supported in order to avoid vibrations.

4.6 The dimensioning normally does not require a calculation of vibrations. However, in case of undue vibrations occurring during the ship's trial a respective calculation will be required.

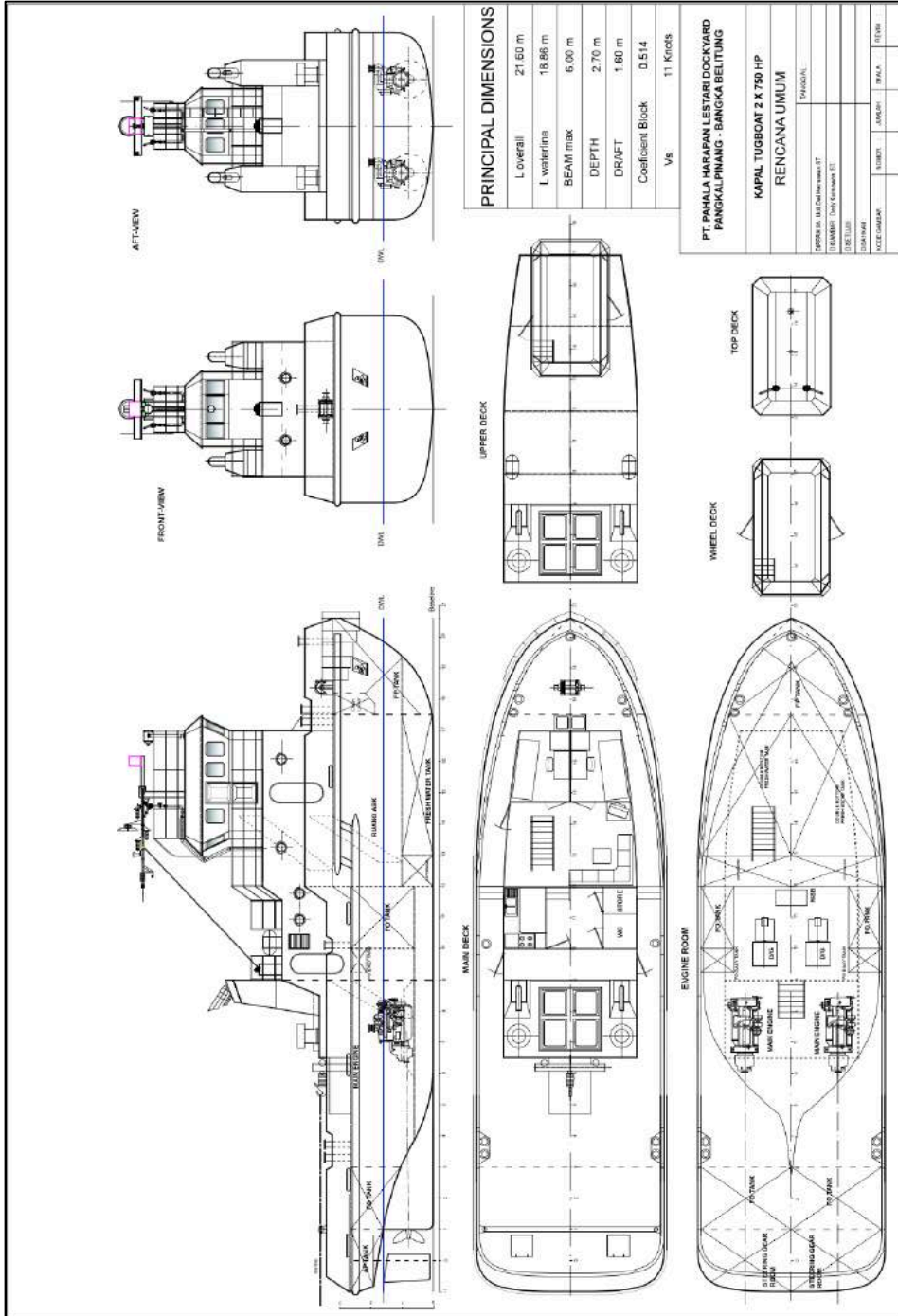
4.7 For determining scantlings of masts made from aluminium or austenitic steel, the requirements given in Section 2, D. and E. apply.

4.8 At masts solid steel ladders have to be fixed at least up to 1,50 m below top, if they have to be climbed for operational purposes. Above them, suitable handgrips are necessary.

4.9 If possible from the construction point of view, ladders should be at least 0,30 m wide.

The distance between the rungs shall be 0,30 m. The horizontal distance of the rung centre from fixed parts shall not be less than 0,15 m. The rungs shall be aligned and be made of square steel bars 20/20 edge up.

4.10 Platforms on masts which have to be used for operational reasons, shall have a rail of at least 0,90 m in height with one intermediate bar. Safe access from the mast ladders to the platform is to be provided.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kota Padang, Sumatera Barat pada 14 Juni 1995. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal dengan melalui beberapa jenjang pendidikan, antara lain di SD Islam Budi Mulia Kota Padang, MTsN Model Kota Padang, dan SMA Negeri 1 Kota Padang. Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Kota Padang pada tahun 2013, dan melanjutkan Pendidikan ke jenjang Perguruan Tinggi dengan diterimanya penulis untuk menempuh studi Strata – 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember (FTK – ITS) melalui jalur PKM dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta didik 04211340000097. Penulis aktif dalam kegiatan organisasi keprofesional, sosial, maupun keilmiah. Dibuktikan dengan menjadi staff PSDM BEM FTK periode 2014/2015, Koordinator KPU HIMASISKAL tahun 2015, Koordinator *Steering Committee* PSDM HIMASISKAL periode 2015/2016 dan Menteri PSDM BEM ITS periode 2016/2017. Penulis merupakan *member* dari *Marine Power Plant (MPP) Laboratory* dan mengambil Tugas Akhir dan Penelitian pada bidang studi *Marine Manufacturing and Design Laboratory (MMD)*.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"