TUGAS AKHIR – MN141581

DESAIN KAPAL KHUSUS PENGANGKUT SAPI DI KAWASAN KEPULAUAN NUSA TENGGARA TIMUR (NTT)

GIGIH RADITYA RIZKY PRATAMA
NRP. 4110 100 096

Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

TUGAS AKHIR – MN141581

DESIGN OF CATTLE CARRIER SHIP IN ARCHIPELAGO OF EAST NUSA TENGGARA (NTT)

GIGIH RADITYA RIZKY PRATAMA
NRP. 4110 100 096

Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL KHUSUS PENGANGKUT SAPI DI KAWASAN KEPULAUAN NUSA TENGGARA TIMUR (NTT)

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GIGIH RADITYA RIZKY PRATAMA
NRP. 4110 100 096

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP. 19681212 199402 2 001

SURABAYA, APRIL 2015

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL KHUSUS PENGANGKUT SAPI DI KAWASAN KEPULAUAN NUSA TENGGARA TIMUR (NTT)

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 21 April 2015

Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GIGIH RADITYA RIZKY PRATAMA
NRP. 4110 100 096

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. .....
2. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. .....
3. Ir. Asjhar Imron, M.Sc., MSE., PED. .....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. .....

SURABAYA, APRIL 2015

DESAIN KAPAL KHUSUS PENGANGKUT SAPI DI KAWASAN KEPULAUAN NUSA TENGGARA TIMUR (NTT)

Nama Mahasiswa : Gigih Raditya Rizky Pratama
NRP : 4110 100 096
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRAK

Sarana transportasi laut khusus ternak sapi atau biasa disebut dengan *Livestock Carrier* di kawasan kepulauan Nusa Tenggara Timur (NTT) masih kurang memadai, mengingat bahwa NTT akan dijadikan sebagai sentra produksi sapi guna memenuhi kebutuhan akan daging sapi di DKI Jakarta. NTT memerlukan kapal khusus pengangkut ternak sapi untuk menunjang pengiriman ternak sapi maupun dalam bentuk daging keluar provinsi karena populasi sapi di NTT tersebar di seluruh pulau yang terpisah oleh perairan. Pada Tugas Akhir ini didesain sebuah kapal khusus pengangkut sapi dengan kapasitas angkut yang didapat dengan menggunakan data populasi sapi di NTT dan pengiriman sapi yang keluar provinsi, kemudian mencari *deadweight* dan ukuran utama dari kapal. Dengan ukuran utama yang didapat kemudian dilakukan perhitungan teknis untuk mendesain Rencana Garis dan Rencana Umum. Kapal khusus pengangkut sapi ini mempunyai *paddock* (kandang) di dalam ruang muatnya sebagai tempat sapi, selain itu juga dilengkapi dengan tempat pakan dan minum untuk sapi. Desain kapal khusus pengangkut sapi ini diharapkan dapat memberikan sebuah alternatif desain sebagai solusi untuk menjawab kebutuhan sarana transportasi laut khusus ternak di kawasan NTT. Dan pada akhirnya didapatkan kapal dengan *payload* 480 ekor sapi beserta kebutuhan pakan dan air selama berlayar, serta dengan ukuran utama Lpp: 65.50 m; Lwl: 68.12 m; B: 12.50 m; H: 6.10 m; T: 3.45 m; dengan rute Pelabuhan Waingapu di Sumba Timur, menuju Pelabuhan Ende di Ende, lalu menuju Pelabuhan Tenau di Kupang, NTT sebagai tempat pengumpulan ternak yang akan dikirim keluar provinsi.

Kata Kunci ï *Livestock Carrier, Paddock,* NTT

DESIGN OF CATTLE CARRIER SHIP IN ARCHIPELAGO OF EAST NUSA TENGGARA (NTT)

Name of Student : Gigih Raditya Rizky Pratama

NRP : 4110 100 096

Department/Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology

Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRACT

Livestock Carrier in East Nusa Tenggara (NTT) region remain insufficient, in fact that NTT is being transformed to become central cattle production in accordance to fulfill meat demands in DKI Jakarta. NTT requires livestock carriers to support either cattle delivery or meat lump outside the province because the spreading of cattle population in NTT within the entire islands are separated by sea. In this Final Project, the design of livestock carrier is carried out were its payload is obtained by using the data of cattle population in NTT and cattle delivery outside the province, then continued by defining the deadweight and main dimensions of ship. Given main dimensions then being calculated, thus Lines Plan and General Arrangement in designed. This livestock carrier includes paddocks inside cargo space in which being used as cattle lofts, in addition it is complemented with cattleôs meal stock. Hopefully, livestock carrier design in this Final Project is able to give design alternative as a solution to address the sea transportation needs, particularly to transport livestock within NTT region. Eventually, livestock carrier with payload 480 cattle including its operational necessaries, followed by its main dimensions Lpp: 65.5 m; LWL: 68.12 m; B: 12.5 m; H: 6.10 m; T: 3.450 m; and its routes as follow Waingapu port in Sumba Timur to Ende port in Ende then to Tenau port in Kupang which is operated as livestock collection that is going to be transported outside the province.

Keywords ï Livestock Carrier, Paddock, NTT

KATA PENGANTAR

Assalamuôalaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **ñDesain Kapal Khusus Pengangkut Sapi Di Kawasan Kepulauan Nusa Tenggara Timur (NTT)ò** dengan baik. Tak lupa shalawat serta salam penulis curahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju alam yang penuh ilmu pengetahuan.

Tugas Akhir ini tentunya tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dari beberapa pihak, baik dengan bantuan secara langsung maupun bantuan doa dari orang-orang terdekat. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu:

1. Ibu Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Budie Santosa, MT selaku dosen wali penulis selama menjalani perkuliahan di jurusan teknik perkapalan ITS.
3. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan.
4. Kedua orang tua penulis, Bapak Hery Siswanto dan Ibu Ririn Krisanawati yang sangat penulis cintai dan sayangi. Terima kasih atas kasih sayang, doôa dan dukungannya baik secara moril maupun materiil.
5. Adik perempuan penulis, Hernanda Ayu Kristabella, yang selalu menjadi motivasi penulis.
6. Kekasih tercinta, Rindang Rohsari Pakartiningrum, atas perhatian, dukungan, semangat serta motivasi untuk penulis.
7. Teman-teman ñISTANAò, Anam, Aziz, Danas, Mukhlis, Munir, Asyrof, Mas Dimas, Yahya, Iid, Baad, yang memberi hiburan tersendiri disela-sela aktifitas pengerjaan Tugas Akhir.
8. Teman-teman P-50 (CAPTAIN) atas segala keceriaan, canda tawa, suka serta duka dan segala kenangan-kenangan indah semasa kuliah yang tak terlupakan.
9. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, besar harapan penulis bahwa Tugas Akhir ini dapat memberikan ilmu dan manfaat sebanyak-banyaknya bagi pembaca sekalian.

Surabaya, April 2015

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan daging sapi di DKI Jakarta dan sekitarnya yang sangat tinggi tidak diimbangi dengan ketersediaan sapi dikarenakan tidak adanya lahan untuk peternakan. Sehingga DKI Jakarta harus impor sapi dari Australia untuk memenuhi kebutuhan daging sapi penduduknya. Indonesia sendiri sebenarnya memiliki populasi sapi yang banyak, namun untuk mengirim ke Jakarta biaya yang dikeluarkan lebih malah dibandingkan dengan impor dari Australia. Hal tersebut dikarenakan moda transportasi yang digunakan bukan khusus untuk ternak sapi, sehingga selama perjalanan ternak mengalami penyusutan badan bahkan ada yang mati.

Untuk mengatasi masalah tersebut, pemerintah DKI Jakarta berupaya menjadikan Nusa Tenggara Timur (NTT) sebagai sentra produksi sapi untuk memenuhi kebutuhan daging sapi terutama untuk daerah DKI Jakarta dan sekitarnya. Dengan begitu dapat mengurangi impor dan meningkatkan produk ternak dalam negeri. Hal itu dilakukan karena NTT merupakan provinsi penghasil sapi potong terbesar keempat di Indonesia setelah Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Sulawesi Selatan. Akan tetapi, populasi sapi di NTT tersebar di setiap pulau yang terpisah oleh perairan. Maka dari itu dibutuhkan sarana transportasi laut khusus pengangkut sapi dengan fasilitas yang diperlukan seperti tempat makan dan tempat kotoran yang dapat dengan mudah dibersihkan untuk kawasan NTT sebagai penunjang kebutuhan sapi yang akan dikirim ke DKI Jakarta.

Kondisi saat ini di kawasan NTT, *Ferry RO-RO* yang beroperasi tidak hanya untuk mengangkut kendaraan dan barang saja, melainkan ternak sapi juga. Ternak sapi diangkut dengan kandang sementara yang terbuat dari bambu sebagai pemisah dengan kendaraan. Dengan keadaan seperti itu ternak sapi hanya memiliki ruang yang terbatas dan 5 konsep *animal welfare*, yaitu bebas dari lapar dan haus, bebas dari rasa ketidaknyamanan, bebas dari rasa sakit, bebas untuk mengekspresikan tingkah laku natural, serta bebas dari *stress* tidak diperhatikan. Hal itulah yang menyebabkan sapi mengalami penyusutan badan atau bahkan mati selama perjalanan.

I.2 Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan *Ownerôs Requirements*?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal?
3. Bagaimana mendesain Rencana Garis dan Rencana Umum?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan Tugas Akhir sehingga dapat sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain kapal terbatas pada konsep desain dengan hasil akhir berupa ukuran utama, Rencana Garis dan Rencana Umum.
2. Desain kapal hanya untuk angkutan khusus ternak sapi.
3. Pengoperasian kapal hanya untuk kawasan Nusa Tenggara Timur (NTT).

I.4 Tujuan

Sehubungan dengan latar belakang, tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menentukan *Ownerôs Requirements* dari kapal yang didesain.
2. Menentukan ukuran utama kapal.
3. Membuat desain Rencana Garis dan Rencana Umum.

I.5 Manfaat

Dari penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengatasi kurangnya sarana transportasi laut di kawasan NTT.
2. Menyediakan kapal khusus pengangkut ternak sapi di kawasan NTT.
3. Dapat dijadikan solusi alternatif dalam menunjang kebutuhan ternak sapi di Indonesia.

I.6 Hipotesis

Desain kapal khusus pengangkut ternak sapi untuk kawasan NTT ini dapat membantu menunjang distribusi ternak sapi maupun berupa daging untuk DKI Jakarta serta membantu program pembibitan dan penggemukan sapi untuk menjadikan NTT sebagai sentra produksi ternak.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

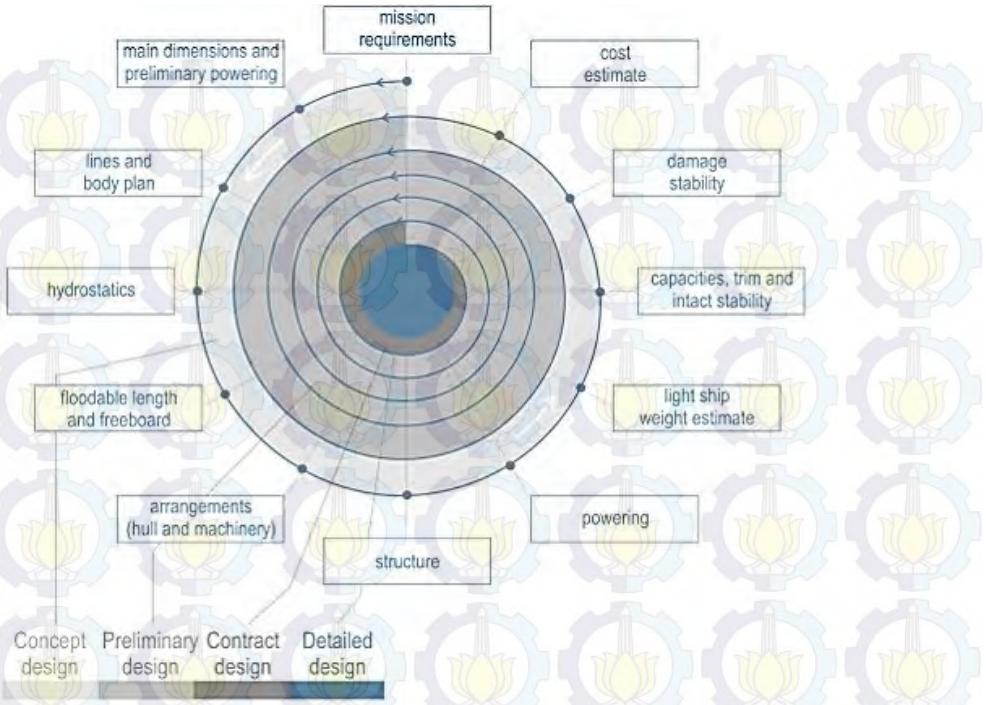
II.1 Gambaran Umum

Dalam proses pembangunan kapal, terdapat banyak sekali tahap-tahap yang harus dilalui demi tercapainya optimalisasi. Sebelum itu tentunya diperlukan permintaan spesifik dari pemilik kapal, yang selanjutnya diterjemahkan dalam bentuk gambar, spesifikasi, dan data yang lainnya, yang merupakan tugas dari seorang *engineer*. Selain itu, seorang *engineer* juga diharapkan dapat memimpin suatu proses desain sebuah kapal sesuai permintaan *owner*. Proses desain dari sebuah kapal merupakan suatu proses yang berulang-ulang dan saling berhubungan, yang nantinya terbagi lagi ke dalam beberapa tahap detail.

Pada umumnya, permintaan dari pemilik kapal adalah terdiri dari jenis muatan yang akan diangkut, kapasitas daya angkut muatan (*payload*), kecepatan dinas, dan rute pelayaran, yang umumnya disebut dengan *ownerôs requirement*. Peranan seorang desainer kapal adalah mampu menerjemahkan ketiga poin tersebut dan mampu melakukan proses desain kapal yang sesuai sehingga memberikan keuntungan pada saat pengoperasian kapal tersebut. Sedangkan di sisi lain, dalam proses desain kapal terdapat batasan-batasan yang dibuat oleh pemilik kapal, diantaranya adalah biaya kapal baik berupa biaya pembangunan ataupun biaya operasional, regulasi-regulasi yang berlaku, serta batasan wilayah operasional kapal seperti sarat di dermaga dan kondisi gelombang. Sehingga dengan adanya *ownerôs requirements* dan batasan-batasan tersebut, menjadi tugas utama seorang desainer kapal untuk mampu mendesain kapal yang dapat memenuhi kedua hal tersebut.

II.2 Teori Desain

Berdasarkan latar belakangnya, klasifikasi dari sebuah desain dibedakan menjadi dua, yaitu *invention*, yang merupakan sebuah eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu desain yang baru. Selanjutnya adalah *innovation*, yaitu sebuah pembaharuan atau rekayasa dari sebuah desain terhadap produk yang telah ada (Atmoko, 2008). Dalam proses desain kapal, dibutuhkan proses yang berulang-ulang, yaitu permintaan, batasan, dan seluruh data yang ada dianalisa secara berulang demi mendapatkan hasil yang optimal ketika desain tersebut dikembangkan. Hal ini disebut proses desain spiral, yang membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Evans, 1959). Gambaran dari proses desain spiral secara lengkap tertera dalam gambar dibawah ini.



Gambar II.1 Proses Desain Spiral
(Sumber: www.friendship-systems.com)

II.3 Tahapan Desain

II.3.1 *Concept Design*

Tahap pertama dari sebuah proses desain adalah *concept design*. Dalam tahap ini dilakukan proses menerjemahkan *ownerôs requirement* atau permintaan dari pemilik kapal dalam ketentuan-ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain (Evans, 1959). Dalam proses ini terdapat dua tahapan, yaitu identifikasi kebutuhan, persyaratan definisi, desain kriteria seleksi dan kerangka pembangunan solusi. Pada tahap ini nantinya akan didapatkan solusi melalui metode optimisasi pendekatan solusi global dengan proses iterasi. Ada kalanya pada proses ini membutuhkan *Technical Feasibility Study* (TFS). Hal ini bertujuan untuk mendapatkan karakter-karakter dari kapal yang didesain, seperti misalnya ukuran utama. Tujuan dari metode ini adalah untuk memenuhi permintaan dari pemilik kapal seperti kecepatan dinas dan kapasitas dari muatan. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan pembuatan kurva dan beberapa rumus pendekatan, ataupun menggunakan pengalaman yang bertujuan mendapatkan estimasi dari biaya yang dibutuhkan.

II.3.2 *Preliminary Design*

Tahap selanjutnya adalah tahap *preliminary design*, dimana pada tahap ini nantinya akan dilakukan proses pemeriksaan ulang, yang terkait dengan performa dari kapal yang didesain (Evans, 1959). Setelah dilakukan pemeriksaan ulang diharapkan nantinya hasil yang didapatkan tidak berubah banyak dari apa yang sudah ada pada tahap sebelumnya.

Pada dasarnya tahap ini merupakan pengembangan dari tahap sebelumnya, yang pada akhirnya didapatkan sebuah gambaran yang lebih jelas terhadap apa yang sedang dibangun seperti detail-detail yang nantinya diperlukan pada tahap selanjutnya. Detail-detail tersebut meliputi daya mesin, kapasitas bahan bakar, peralatan-peralatan permesinan dan perlengkapan kapal, dan lain-lain. Pada proses ini dilakukan pengembangan untuk mendapatkan keyakinan secara teknis bahwa semua persyaratan desain kapal yang telah dilakukan telah terpenuhi.

II.3.3 *Contract Design*

Pada tahap ini yaitu tahap *contract design* nantinya akan dilakukan proses mendefinisikan kapal dengan tujuan meningkatkan ketelitian dari pembangunan kapal yang nantinya dihasilkan sebuah estimasi biaya konstruksi kapal. Dalam tahap ini ada kemungkinan terjadinya perubahan-perubahan desain dari tahap sebelumnya (Evans, 1959). Proses pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*) nantinya juga akan dilakukan pada tahap ini, sehingga data seperti daya mesin, peralatan permesinan dan perlengkapan kapal yang didapatkan pada proses sebelumnya akan dibutuhkan untuk mendapatkan desain yang relevan.

Pada umumnya beberapa perbaikan yang ada pada tahap ini adalah seperti perbaikan terhadap bentuk lambung kapal (*hull form*), yang nantinya berakibat terhadap perbaikan Rencana Garis dari kapal. Kemudian ada perbaikan terhadap kemampuan olah gerak dari kapal (*seakeeping and maneuvering*), yang mencakup sistem propulsi dan dilakukan dengan *model test*. Setelah beberapa perbaikan-perbaikan tersebut dilakukan maka selanjutnya adalah melakukan pembuatan spesifikasi dari standar kualitas dari peralatan kapal, permesinan kapal dan badan kapal itu sendiri. Dalam tahap ini nantinya juga akan dilakukan beberapa tes terhadap peralatan-peralatan permesinan dan perlengkapan kapal untuk memastikan bahwa kondisi dan performanya sesuai untuk kapal tersebut. Hasil akhir dari tahap ini adalah dokumen kontrak pembuatan kapal, yang terdiri dari rencana kontrak dan spesifikasi.

II.3.4 *Detail Design*

Pada tahap ini nantinya hasil dari tahap sebelumnya akan dikembangkan menjadi gambar kerja yang lebih detail (Evans, 1959). Pada gambar kerja yang dimaksud ialah terdapat petunjuk mengenai proses instalasi dan konstruksi dari beberapa peralatan baik itu mencakup permesinan maupun perlengkapan kapal, sehingga para pekerja dapat melaksanakan pembangunan kapal dengan baik. Pada tahap ini pada umumnya tidak terjadi perubahan, meskipun nantinya terkadang akan terjadi revisi namun dalam prosentase yang kecil, sebagai akibat dari adanya ketidaksesuaian di lapangan.

II.4 Ternak Sapi

II.4.1 Karakteristik Sapi

Ternak sapi yang siap dikirim melalui jalur laut harus diperhatikan kondisi kesehatannya. Sabelum ternak sapi masuk ke dalam kapal, harus ada pemeriksaan terlebih dahulu oleh petugas kesehatan ternak. Sapi yang memenuhi syarat yaitu berumur anara 2-3 tahun dengan kondisi sehat, berat badan antara 400-600 kg. Sedangkan untuk kebutuhan ternak sapi, pada umumnya makan 3 kali sehari dengan porsi pakan 20-25 kg per hari dan kebutuhan air untuk minum sebanyak 50-60 kg air per hari. Untuk jenis pakan bisa berupa rumput, jerami, comboran (campuran dari bekatul, dedak, pellet, ampas, tahu, dan air), serta bisa juga produk pakan dari pabrik. Umumnya ternak sapi yang siap dikirim berukuran tinggi Ñ1.5 meter, lebar Ñ0.5 meter, dan panjang Ñ1.8 meter.

American Dairy Science Association 2011 menyebutkan bahwa kecepatan ternak sapi saat berjalan dalam kondisi normal adalah 1,22 m/s, selain itu ternak sapi akan memiliki kecepatan yang berbeda saat melewati medan dan kemiringan yang berbeda. Temperatur ruangan yang sesuai untuk ternak sapi yaitu 26ŒC dengan 25% RH kelembapan. Cahaya kandang harus cukup terang untuk menghindari sapi mengalami stress, yakni dengan cara tiap kandang dipasang lampu 10-15 watt.

II.4.2 Jenis Ternak Sapi Di Indonesia

II.4.2.1 Sapi Brahman

Sapi Brahman adalah keturunan sapi *Zebu* atau *Boss Indiscuss* yang berasal dari India kemudian masuk ke Amerika Serikat (AS) pada tahun 1849 dan berkembang pesat disana. Di Amerika Serikat, sapi Brahman ini dikembangkan, diseleksi, dan ditingkatkan mutu genetiknya. Setelah berhasil, jenis sapi ini diekspor ke berbagai Negara, salah satunya menyebar ke Australia dan masuk ke Indonesia pada tahun 1974. Sapi Brahman relatif tahan terhadap penyakit dan mempunyai variasi warna kulit yang beragam dari yang berwarna putih, coklat, sampai yang kehitaman. Sapi Brahman memiliki kualitas karkas yang bagus.

Gambar II.2 Sapi Brahman
(Sumber: http://www.infoternak.com)

II.4.2.2 Sapi Bali

Sapi Bali (*Bos Sondaicus*) adalah sapi asli Indonesia hasil penjinakan (domestikasi) banteng liar yang telah dilakukan sejak akhir abad ke 19 di Bali, sehingga sapi jenis ini dinamakan Sapi Bali. Sebagai mantan keturunan banteng, sapi Bali memiliki warna dan bentuk menyerupai banteng. Kaki sapi Bali jantan dan betina berwarna putih dan terdapat telau, yaitu bulu putih di bagian pantat dan bulu hitam di sepanjang punggungnya. Sapi Bali tidak berpunuk, badannya montok, dan dadanya dalam.

Sapi Bali jantan bertanduk dan berbulu warna hitam kecuali kaki dan pantat. Berat sapi Bali dewasa berkisar 350-450 kg, dan tinggi badannya 1,3-1,5 m. Sapi betina juga bertanduk dan berbulu merah bata kecuali bagian kaki dan pantat. Dibandingkan dengan sapi Bali jantan, sapi betina relative lebih kecil dan berat badannya berkisar antara 250-350 kg.

Gambar II.3 Sapi Bali
(Sumber: http://www.infoternak.com)

II.4.2.3 Sapi PO (Peranakan Ongole)

Sapi PO di pasaran juga sering disebut sebagai Sapi Lokal atau Sapi Jawa atau Sapi Putih. Sapi PO ini hasil persilangan antara pejantan sapi Sumba Ongole (SO) dengan sapi betina Jawa yang berwarna putih. Sapi Ongole (*Bos Indicus*) sebenarnya berasal dari India, termasuk tipe sapi pekerja dan pedaging yang disebarkan di Indonesia sebagai sapi Sumba Ongole (SO).

Warna bulu sapi Ongole sendiri adalah putih abu-abu dengan warna hitam di sekeliling mata, mempunyai gumba, dan gelambir yang besar menggelantung, saat mencapai umur dewasa yang jantan mempunyai berat badan kurang ari 600 kg dan yang betina kurang dari 450 kg. saat ini sapi PO yang murni mulai sulit ditemukan, karena telah banyak disilangkan dengan sapi Brahman. Oleh karena itu sapi PO sering diartikan sebagai sapi lokal berwarna putih (keabu-abuan), berkelasa dan bergelambir.

Gambar II.4 Sapi Peranakan Ongole
(Sumber: http://www.infoternak.com)

II.4.3 Gangguan Kesehatan Pada Ternak Sapi

II.4.3.1 Penyakit *Antraks*

- Penyebab: *Bacillus anthacis* yang menular melalui kontak langsung, makanan/minuman atau pernafasan.
- Gejala pada ternak:
  1. Demam tinggi, badan lemah dan gemetar.
  2. Gangguan pernafasan
  3. Pembengkakan pada kelenjar dada, leher, alat kelamin, dan badan.
  4. Kadang-kadang darah berwarna merah hitam yang keluar melalui hidung, telinga, mulut, anus, dan vagina.
  5. Kotoran ternak cair dan sering bercampur darah.
  6. Limpa bengkak dan berwarna kehitaman.
- Pengendalian: vaksinasi, pengobatan pemberian antibiotika, mengisolasi sapi yang terinfeksi, serta mengubur/membakar sapi yang mati.

II.4.3.2 Penyakit Mulut dan Kuku (PMK) atau Penyakit *Apthae Epizootica* (*AE*)

- Penyebab: virus ini menular dengan cara kontak langsung melalui air kencing, air susu, air liur, dan benda yang tercemar kuman, virus AE juga dapat menginfeksi udara disekitarnya bila kelembapan lebih dari 70% dari suhu udara rendah.
- Gejala pada ternak:
  1. Rongga mulut, lidah, dan telapak kaki atau tracak melepuh terdapat tonjolan bulat berisi cairan yang bening.
  2. Demam atau panas, kondisi suhu badan menurun drastic pada ternak.
  3. Nafsu makan menurun bahkan tidak makan sama sekali.
  4. Air liur keluar berlebihan.
- Pengendalian: vaksinasi dan sapi yang sakit diasingkan dan diobati secara terpisah.

II.4.3.3 Penyakit Ngorok/Mendekur atau Penyakit *Septichaema Epizootica* (*SE*)

- Penyebab: bakteri *Pasturella Multocida*, penularan melalui makanan dan minuman yang tercemar bakteri.
- Gejala pada ternak:
  1. Kulit kepala dan selaput lender lidah membengkak, berwarna merah dan kebiruan.
  2. Leher, anus, dan vulva membengkak.
  3. Paru-paru meradang, selaput lender usus dan perut masam dan berwarna merah tua.
  4. Demam dan sulit bernafas sehingga mirip orang yang ngorok. Dalam keadaan sangat parah, sapi akan mati dalam waktu antara 12-36 jam.
- Pengendalian: vaksinasi anti SE dan diberi antibiotika atau sulfa.

II.4.3.4 Penyakit Radang Kuku atau Kuku Busuk (*Foot Rot*)

- Penyebab: penyakit ini menyerang sapi yang dipelihara dalam kandang yang basah dan kotor.
- Gejala pada ternak:
  1. Mula-mula sekitar celah kuku sapi bengkak dan mengeluarkan cairan putih keruh.
  2. Kulit kuku mengelupas.
  3. Tumbuh benjolan yang menimbulkan rasa sakit.
  4. Sapi pincang dan akhirnya bias lumpuh.
- Pengendalian: Rutin dalam pemberian disinfektan dan vaksinasi ternak serta menjaga kebersihan *paddock*.

II.4.4 Ketentuan Kandang Ternak Sapi

II.4.4.1 Persyaratan Kandang (*Paddock*)

Persyaratan yang perlu diperhatikan dalam pembuatan kandang untuk sapi potong antara lain dari segi teknis, ekonomis, kondisi kandang (ventilasi kandang dan pembuangan kotoran), efisiensi pengelolaan dan kesehatan lingkungan sekitarnya. Beberapa pertimbangan antara lain:

1. Konstruksi kandang harus kuat, mudah dibersihkan, mempunyai sirkulasi udara yang baik, tidak lembab, dan mempunyai tempat penampungan kotoran beserta saluran drainasenya.
2. Konstruksi dari kandang harus mampu menahan beban benturan dan dorongan yang kuat dari ternak.
3. Penataan kandang dengan perlengkapannya harus memberikan kenyamanan pada ternak serta memudahkan bagi petugas untuk memberi pakan dan minum, pembuangan kotoran dan penanganan kesehatan ternak secara keseluruhan.

II.4.4.2 Perlengkapan Kandang (*Paddock*)

Beberapa perlengkapan kandang untuk sapi potong meliputi: palungan (tempat pakan), tempat minum, saluran drainase, tempat penampungan kotoran, gudang pakan dan peralatan kandang. Disamping itu harus dilengkapi dengan tempat penampungan air yang terletak diatas (tangki air) yang dihubungkan dengan pipa keseluruh kandang. Untuk lebih jelasnya akan dibahas lebih detail mengenai perlengkapan kandang untuk sapi sebagai berikut:

a. Palungan (Tempat Pakan)

Palungan merupakan tempat pakan dan tempat minum ternak yang terbuat dari kayu atau tembok dengan ukuran sesuai standart. Kandang individu yang mempunyai lebar 1,5 meter, panjang tempat pakan berkisar antara 90-100 cm dan tempat minum antara 50-60 cm. sedangkan lebar palungan 50 cm, tinggi bagian luar 60 cm, bagian dalam sebesar 40 cm. ukuran palungan kandang kelompok mengikuti panjang kandang, dengan proporsi tempat minum yang lebih kecil dari tempat pakan.

Gambar II.5 Palungan
(Sumber: http://nusaresearch.net/public/recommend/recommend)

b. Lantai Kandang

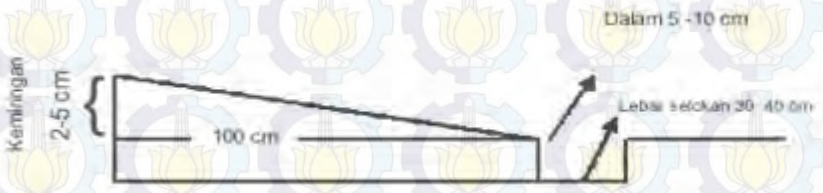
Lantai kandang harus tahan lama, tidak licin dan tidak terlalu kasar, mudah dibersihkan dan mampu menopang beban yang ada diatasnya. Berdasarkan kondisi alas lantai, dibedakan lantai sistem litter dan sistem non litter sebagai berikut:

- Sistem litter

  Alas lantai kandang sistem litter merupakan lantai yang diberi tambahan berupa serbuk gergaji, sekam atau jerami, dan bahan lainnya berupa kapur/dolomite sebagai dasar alas. Dengan penambahan kapur tersebut dapat berfungsi sebagai nahan untuk produksi kompos dan rasa empuk kepada ternak serta menjaga kesehatan ternak. Pemberian bahan dasar alas silakukan pada awal sebelum ternak dimasukkan kedalam kandang. Sistem litter lebih cocok untuk kandang koloni atau kelompok, karena tidak ada kegiatan memandikan ternak dan pembersihan kotoran secara rutin. Kondisi kandang dan ternaknya lebih kotor tetapi lebih efisien dalam penggunaan tenaga kerja untuk pembersihan kandang.

- Sistem non litter

Alas lantai kandang sistem non litter merupakan sistem dimana lantai kandang tanpa mendapat tambahan apapun. Sistem ini lebih tepat untuk ternak yang dipelihara pada kandang tunggal atau individu. Kondisi kandang dan ternaknya akan tampak lebih bersih karena secara rutin dilakukan kegiatan pembersihan. Lantai kandang harus selalu terjaga drainasenya, sehingga untuk lantai kandang non litter dibuat miring kebelakang untuk memudahkan pembuangan kotoran dan menjaga kondisi lantai tetap kering. Kemiringan lantai berkisar antara 2-5%, artinya setiap panjang lantai 1 meter maka ketinggian lantai pada bagian belakang menurun sebesar 2-5 cm.



Gambar II.6 Kemiringan Lantai
(Sumber: http://nusaresearch.net/public/recommend/recommend)

c. Tempat Penampungan Kotoran

Bak penampungan kotoran diruang muat kapal diletakkan pada ruang khusus. Ukuran dan bentuknya disesuaikan dengan kondisi tempat. Pembuangan kotoran dari kandang kelompok yang berada di darat dilakukan setiap 3-4 bulan sekali sesuai dengan kebutuhan. Jika berada dalam kapal maka pembuangan kotoran dilakukan saat kapal sandar dikarenakan terbatasnya tempat penyimpanan kotoran ternak. Tempat penampungan kotoran berupa bak penampungan dan berfungsi untuk proses pengeringan dan pembusukan feses menjadi kompos.

Gambar II.7 Tempat penampungan kotoran sapi yang ada di darat
(Sumber: www.sakadoinvestasi.wordpress.com)

d. Peralatan Kandang

Beberapa peralatan yang banyak digunakan untuk kandang sapi potong meliputi sekop untuk membersihkan kotoran, sapu lidi, sikat, tali untuk ternak, dan kereta dorong (gerobak).

II.4.4.3 Tipe Kandang

a. Kandang Individu

Kandang individu merupakan model kandang satu ternak satu kandang. Pada bagian depan ternak merupakan tempat palungan (tempat pakan dan air minum), sedangkan bagian belakang adalah selokan pembuangan kotoran. Tinggi sekat pemisah adalah 1 meter atau setinggi badan sapi. Sapi di kandang individu diikat dengan tali tampar pada lantai depan guna menghindari perkelahian sesamanya. Luas kandang individu disesuaikan dengan ukuran tubuh sapi yaitu sekitar panjang 2,5 meter dan lebar 1,5 meter.

Menurut susunannya, terdapat tiga macam kandang individu yang ada didarat yaitu:

1. Satu baris ternak posisi kepala searah
2. Dua baris ternak posisi kepala searah, dengan lorong di tengah.
3. Dua baris ternak posisi kepala berlawanan, dengan lorong di tengah.

Gambar II.8 Kandang individu satu baris searah
(Sumber: lolitsapi.litbang.deptan.go.id)

Gambar II.9 Kandang individu dua baris posisi kepala searah dan lorong di tengah
(Sumber: lolitsapi.litbang.deptan.go.id)

Gambar II.10 Kandang individu dua baris posisi berlawanan dan lorong di tengah
(Sumber: lolitsapi.litbang.deptan.go.id)

b. Kandang Kelompok

Kandang kelompok atau dikenal dengan koloni merupakan model kandang dalam suatu ruangan kandang ditempatkan beberapa ekor ternak secara bebas tanpa diikat. Keunggulan model kandang kelompok disbanding kandang individu adalah efisiensi dalam penggunaan tenaga kerja rutin terutama pembersihan kotoran ternak di kandang dan memandikan sapi. Dalam hal ini, petugas ternak (*stockman*) mampu menangani sekitar 50 ekor ternak. Di ruang muat kapal yang akan di desain, jumlah maksimal tiap *paddock* sebanyak 13 ekor.

Gambar II.11 Kandang koloni atau kelompok
(Sumber: lolitsapi.litbang.deptan.go.id)

II.5 Desain Sarana Pengangkutan

II.5.1 *Livestock Carrier Ship*

Kapal yang akan didesain merupakan kapal dengan jenis *livestock carrier ship* yang fungsi dasarnya adalah mengangkut ternak sapi dari suatu tempat ke tempat lain. Pada kapal ini dilengkapi dengan kandang ternak (*paddock*) beserta tempat pakan dan air minum untuk ternak sapi yang diangkut. Dalam mendasain kapal khusus ternak, kesehatan dan keselamatan dari ternak yang diangkut harus sangat diperhatikan dengan baik. Ternak sapi yang diangkut harus tetap dijaga dari penyakit, cidera, atau bahkan kematian yang disebabkan oleh alasan apapun. Oleh karena itu

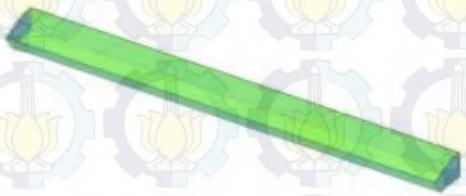
kapal harus memenuhi prinsip *animal welfare* meliputi, bebas dari lapar dan haus, bebas untuk mengekspresikan tingkah laku natural, bebas dari rasa ketidaknyamanan, bebas dari rasa sakit, dan bebas dari rasa takut dan stress. Gambar dibawah ini merupakan salah satu contoh dari kapal yang berjenis *livestock carrier ship*.

Gambar II.12 Contoh Kapal Livestock Carrier MV. Alferdawi 1
(Sumber: www.MarineTraffic.com)

Kapal khusus pengangkut ternak dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *Open Livestock Carrier* dan *Closed Livestock Carrier*. Untuk jenis *open livestock carrier*, kapal khusus pengangkut ternak ini meletakkan kandang ternak diatas dek kapal dan memanfaatkan ruang terbuka sebagai ventilasi, sehingga pada *open livestock carrier* tidak memerlukan sistem ventilasi mekanis. Dan sebaliknya, untuk jenis *closed livestock carrier* sangat memerlukan sistem ventilasi mekanis untuk karena kandang ternak (*paddock*) berada didalam badan kapal dan tertutup.

II.5.2 Sistem Pemberian Pakan dan Minum

Pakan merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi agar menjaga sapi tetap sehat sampai ke sentra konsumen, oleh sebab itu hal ini harus diperhatikan agar kebutuhan tersebut dapat dipenuhi. Dalam kaitannya pada tugas perencanaan transportasi ini, adalah penyediaan pakan untuk menunjang kebutuhan pakan sapi saat diatas kapal.



Gambar II.13 Desain Tempat Pakan Sapi diatas Kapal
(Sumber: http://duniasapi.com)

Gambar II.14 Tempat Pakan dan Minum Sapi diatas Kapal
(Sumber: http://duniasapi.com)

Sistem pemberian pakan dan minum pada hewan ternak digunakan sebuah ruangan yang besar untuk penampungan makanan yang terletak pada bagian depan kapal, dan disalurkan manual oleh *stockman* menuju ke tempat pakan sapi di setiap paddock. Untuk pemberian minum juga dilakuakan dengan cara yang sama yaitu dengan cara manual, sehingga pakan dan minum untuk sapi dapat terkontrol dengan baik.

II.5.3 Sistem Sanitasi

Kebutuhan air pada kapal umumnya terdiri dari air tawar dan air laut. Sistem ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan kapal akan tersedianya air, terutama digunakan untuk sarana kebersihan. Istilah yang sering digunakan adalah sistem sanitasi, yaitu suatu sistem penyedia dan distribusi air tawar (*fresh water*) di kapal. Dalam Tugas Akhir ini akan didesain kapal *livestock carrier* atau pengangkut ternak, jadi sistem sanitasi digunakan petugas ternak (*stockman*) dalam memenuhi kebutuhan minum ternak.

Pengertian lain dari sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit dengan cara menghilangkan atau mengendalikan faktor-faktor lingkungan yang merupakan mata rantai penularan penyakit. Menurut Permenkes No.530/87, sanitasi kapal adalah segala usaha yang ditujukan terhadap faktor lingkungan di dalam kapal untuk memutuskan rantai penularan penyakit guna mempertinggi tingkat kesehatan penghuni kapal.

Sanitasi kapal yang buruk akan banyak menimbulkan permaslahan baik secara fisik, kesehatan, estetika, dan daya tahan hidup manusia dan ternak jika kapal tersebut mengangkut ternak. Dari sanitasi yang jelek tersebut di dalam kapal akan menjadi tempat berkembang biaknya vektor penyakit terutama tikus, sedangkan tikus sebagai pembawa vektor penyakit *pes*. Faktor yang dianggap berhubungan dengan sanitasi buruk adalah faktor karakteristik manajemen dalam kapal yang meliputi kepemimpinan nahkoda dan standart prosedur operasional, karakteristik anak buah kapal yang meliputi tingkat pendidikan dan pelatihan, serta karakteristik pendukung yang meliputi tersedianya sarana prasarana, dana, bahan, serta waktu.

Dalam kapal ini mempunyai sistem sanitasi yang terintegrasi dengan pompa yang mengambil air laut yang digunakan untuk membilas *paddock* yang terkena kotoran oleh sapi yang berada diatas kapal tersebut. Air bilasan tersebut akan disalurkan menuju *seawage tank* sehingga dapat dikumpulkan menjadi satu. Sistem sanitasi tersebut terintegrasi pada tiga lantai *paddock* sehingga akan memudahkan pembersihan *paddock* tersebut selain itu terdapat selokan yang berada pada sisi *paddock* yang digunakan untuk jalannya kotoran menuju ke *seawage tank* yang tentunya dibantu dengan air laut tersebut. Sedangkan untuk menghindari bau yang berasal dari kotoran sapi kapal ini juga dilengkapi dengan serbuk kayu atau jerami sehingga dapat berkurang bau yang berasal dari kotoran sapi tersebut, yang nantinya dapat dibuang pada saat kapal sampai di tujuan.

Gambar II.15 Penanganan Bau Karena Kotoran Sapi
(Sumber: http://duniasapi.com)

II.5.4 Sistem Ventilasi

Selain sistem sanitari, sistem lain yang yang harus ada untuk kapal ternak adalah sistem ventilasi. Pengertian sistem ventilasi adalah salah satu dari system pengaturan udara dan sistem pendingin yang terdapat pada kapal. Pengaturan udara dan sistem pendingin ini berkaitan dengan fungsi dari pemanasan, ventilasi, pengkondisian udara, dan refrigerasi. Pengertian ventilasi dalam kapal yaitu pemindahan udara baik dari dalam kapal ke udara luar atau udara bebas, begitu pula sebaliknya.

Tujuan digunakannya sistem vantilasi udara di kapal adalah untuk membuang atau menghilangkan *contaminants* (zat atau pencemar udara) dan panas yang terjadi di suatu ruangan tertentu. Zat atau partikel pencemar bias berupa partikel debu, asap, atau bau yang tidak diinginkan. Karena pada sistem ventilasi udara hanya dipindahkan dari luar ke dalam ruangan, maka sistem ventilasi hanya mampu menjaga temperatur ruangan sedikit diatas atau sama dengan temperatur udara luar.

Ventilasi dapat berupa alami dan mekanis. Pada sistem ventilasi mekanis digunakan *fan/blower* baik untuk keperluan penyediaan (*supply*) udara ke dalam ruangan maupun keperluan pembuangan udara (*exhaust*). Suatu ruangan di kapal dapat memakai *supply fan* atau *exhaust fan* saja atau kedua-duanya tergantung pada sifat dan karakteristik ruangan tersebut serta persyaratan ventilasi yang dibutuhkan.

II.6 Sistem Bongkar Muat

Sistem bongkar muat ternak sapi yang ada di Indonesia pada umumnya dengan cara mengikat leher sapi lalu diangkat menggunakan *crane* yang tampak seperti pada gambar II.16. Berbeda dengan di Australia yang sangat memperhatikan *animal walfare*, yaitu menggunakan tangga penghubung antara kapal dengan dermaga, kemuadian sapi dipandu menuju kedalam maupun keluar kapal seperti pada gambar II.17. Tangga penghubung di desain sedemikian rupa sesuai dengan ukuran ternak, sehingga memungkinkan untuk dilewati ternak. Setelah ternak dipandu keluar dari kapal, di pelabuhan sudah ada truk pengangkut ternak untuk dibawa ke suatu daerah. Selain itu, di dalam ruang muat kapal sendiri ada tangga penghubung antar dek yang berfungsi untuk jalan ternak menuju dek terbawah.

Gambar II.16 Proses Bongkar Muat Ternak Sapi di Indonesia
(Sumber: www.suryaonline.co)

Gambar II.17 Proses Bongkar Muat Ternak Sapi di Australia
(Sumber: http://www.abc.net.au/news/rural/)

Lama waktu yang dibutuhkan kapal livestock carrier untuk proses bongkar muat ternak berdasarkan informasi dari Tugas Akhir sebelumnya. Pada Tugas Akhir sebelumnya didapat melalui wawancara dengan pegawai dari pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, disebutkan bahwa rata-rata dalam waktu 1 jam dapat memindahkan sebanyak 60 ekor ternak sapi.

BAB III
TINJAUAN DAERAH

III.1 Tinjauan Umum Nusa Tenggara Timur

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) terletak secara geografis diantara 7Á30Ë- 11Á10ËL.S dan 118Á30Ë- 125Á20ËB.T serta memiliki total luas daratan sebesar 47.350 km^2 dengan jumlah penduduk sebesar 4.899.260 jiwa pada tahun 2013. Batas-batas wilayah NTT untuk sebelah utara berbatasan dengan Laut Flores, sebelah selatan dengan Samudera Hindia, sebelah timur dengan Negara Timor Leste, sedangkan sebelah barat dengan provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB).

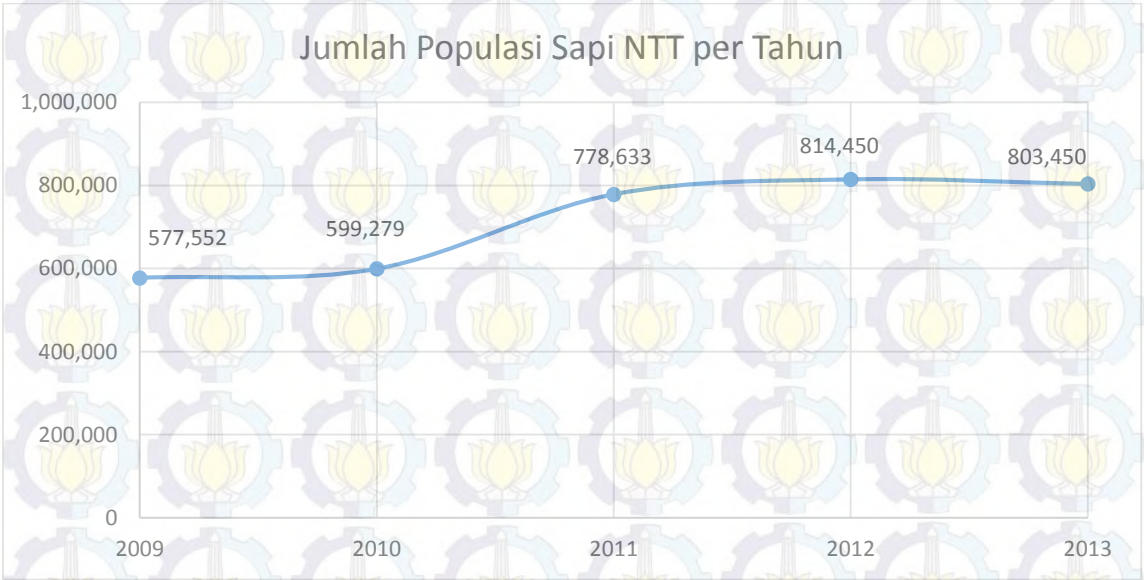
NTT merupakan wilayah kepulauan yang terdiri dari 566 pulau, 432 pulau diantaranya sudah mempunyai nama dan sisanya sampai saat ini belum mempunyai nama. Diantara 432 pulau yang sudah bernama, 43 pulau diantaranya merupakan pulau berpenghuni dengan 1 kota administratif, 21 kabupaten, 287 kecamatan dan 2.769 desa. Dari semua pulau di NTT, terdapat empat pulau utama meliputi Pulau Flores, Pulau Sumba, Alor dan Pulau Timor Barat. Sedangkan pulau-pulau lainnya diantaranya adalah Adonara, Babi, Besar, Bidadari, Dana, Komodo, Rinca, Lomblen, Loren, Ndao, Palue, Pamana, Pamana Besar, Pantar, Rusa, Raijua, Rote (merupakan pulau paling selatan di Indonesia), Sawu, Semau dan Solor. Gambar peta dari NTT dapat dilihat seperti pada gambar berikut.

Gambar III.1 Peta Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT)
(Sumber: www.jelajahntt.com)

III.2 Produksi Peternakan di NTT

Pada sektor pertanian, khususnya sub sektor peternakan di provinsi NTT memiliki lahan peternakan sebesar 832.228 Ha dengan pembagian pengembangan ternak besar berada di Pulau Timor, Flores, Rote dan Sumba. Sedangkan untuk pengembangan ternak kecil berada di Pulau Lembata, Alor, Solor, Adonara dan Sabu Raijua. Ternak besar yang dimaksud ialah sapi, kerbau dan kuda, sedangkan untuk ternak kecil yang dimaksud ialah kambing, babi, ayam buras, ayam ras, dan itik. Karena pada Tugas Akhir ini adalah pembahasan mengenai ternak sapi, maka data yang diperoleh telah difokuskan kepada ternak sapi.

Berdasarkan data yang diperoleh, pada tahun 2009 jumlah produksi ternak sapi terus meningkat hingga tahun 2012, namun menurun pada tahun 2013. Berikut grafik populasi sapi di provinsi NTT pada tahun 2009-2013.



Gambar III.2 Grafik Populasi Sapi di NTT pada Tahun 2009 ï 2013
(Sumber: Prakoso, 2014)

Pada grafik di atas menjelaskan bahwa produksi peternakan di NTT terus meningkat pada tahun 2012, hingga pada akhirnya menurun pada tahun 2013. Selanjutnya diperlukan data berupa tingkat konsentrasi populasi sapi tersebut di tiap tahunnya, untuk mengetahui dimanakah letak daerah dengan tingkat populasi tertinggi di NTT. Hal tersebut dilakukan guna menentukan pemilihan pelabuhan yang sesuai, yang pada akhirnya menentukan rute dari kapal yang akan didesain. Data tersebut hanya didapatkan pada rentang tahun 2011 ï 2013, seperti dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel III.1 Jumlah Populasi Sapi per Kabupaten/Kota di NTT Tahun 2011-2013
(Sumber: Prakoso, 2014)

No.	Kabupaten/Kota	2011	2012	2013
1	Sumba Barat	1.208	1.264	1.279
2	Sumba Timur	53.051	55.491	51.579
3	Kabupaten Kupang	151.250	158.208	147.498
4	Timor Tengah Selatan	167.834	175.554	161.990
5	Timor Tengah Utara	98.631	103.168	105.580
6	Belu	111.180	116.294	115.826
7	Alor	4.351	4.551	4.513
8	Lembata	3.607	3.773	4.301
9	Flores Timur	1.591	1.664	1.934
10	Sikka	11.271	11.789	13.271
11	Ende	29.447	30.802	33.685
12	Ngada	21.523	22.513	25.757
13	Manggarai	21.870	22.876	24.013
14	Rote Ndao	39.479	41.295	43.953
15	Manggarai Barat	10.312	10.786	12.533
16	Sumba Tengah	5.462	2.901	5.391
17	Sumba Barat Daya	2.773	5.713	2.025
18	Nagekeo	24.301	25.419	27.281
19	Manggarai Timur	12.062	12.617	12.420
20	Sabu Raijua	2.646	2.768	3.378
21	Kota Kupang	4.784	5.004	5.243
	JUMLAH	**778.633**	**814.450**	**803.450**

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang mencolok di beberapa kabupaten/kota, hal ini dikarenakan faktor lokasi dan kondisi geografis di beberapa daerah berbeda-beda dan juga tergantung pada kepadatan penduduk serta luas pulau. Maka dari itu nantinya data tersebut akan diolah kembali sesuai dengan kondisi kepulauan, untuk mengetahui tingkat konsentrasi populasi sapi disetiap pulau.

III.3 Jumlah Penduduk di NTT

NTT mempunyai jumlah penduduk yang cenderung meningkat dari tahun ke tahun, sesuai dengan data sensus kependudukan yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi NTT. Laju pertumbuhan penduduk di NTT sebesar 2,07% dengan jumlah penduduk laki-laki sebanyak 2.326.827 jiwa dan perempuan sebanyak 2.357.340 berdasarkan Sensus Penduduk tahun 2010. Kepadatran penduduk di NTT sebesar 96 jiwa/km^2, dengan presentasi penduduk yang tinggal di perkotaan kurang lebih 20%, dan sisanya sebesar 80% mendiami kawasan pedesaan. Data yang didapatkan untuk jumlah penduduk adalah pada tahun 1980, 1990, 2000, 2008, 2009, 2010, 2011 dan 2012, seperti dapat dilihat pada tabel berikut.

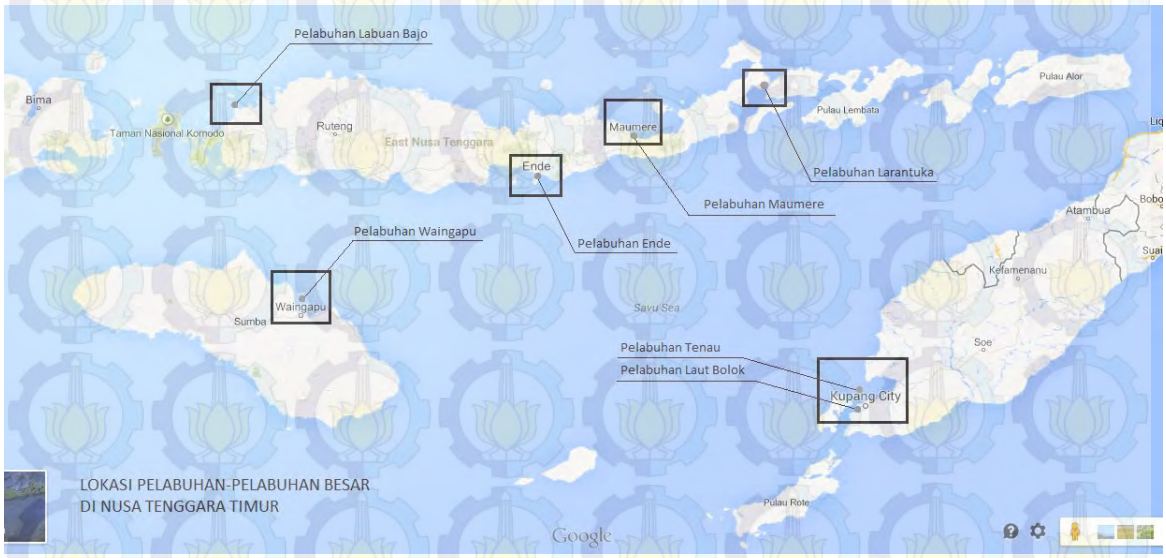
Tabel III.2 Jumlah Penduduk di NTT Tahun 1980-2012
(Sumber: Prakoso, 2014)

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk							
	1980*)	1990*)	2000*)	2008	2009	2010	2011	2012
Sumba Barat	232 101	291 921	365 200	106 524	108 644	110 993	113 189	116 621
Sumba Timur	123 078	152 946	190 450	228 351	233 568	227 732	232 237	238 241
Kupang	403 167	522 944	444 800	383 896	394 173	304 548	310 573	321 384
Timor Tengah Selatan	289 655	348 067	404 700	417 942	419 984	441 155	449 881	453 386
Timor Tengah Utara	134 092	163 052	198 600	213 153	214 842	229 803	234 349	238 426
Belu	181 073	216 060	256 600	441 451	465 933	352 297	359 266	370 770
Alor	124 948	144 629	163 350	180 487	181 913	190 026	193 785	196 179
Lembata	-	-	85 570	106 312	108 152	117 829	120 160	124 912
Flores Timur	257 687	265 759	186 330	234 076	238 166	232 605	237 207	241 053
Sikka	219 656	246 867	264 650	278 628	279 464	300 328	306 269	309 074
Ende	201 609	218 841	230 150	238 127	238 195	260 605	265 761	267 262
Ngada	172 575	198 100	222 050	133 406	135 294	142 393	145 210	148 969
Manggarai	397 525	499 458	632 300	512 065	274 984	292 451	298 236	307 140
Rote Ndao	-	-	-	114 236	115 874	119 908	122 280	125 035
Manggarai Barat	-	-	-	206 367	211 614	221 703	226 089	236 604
Sumba Tengah	-	-	-	60 173	61 370	62 485	63 721	65 606
Sumba Barat Daya	-	-	-	261 211	266 408	284 903	290 539	302 241
Nagekeo	-	-	-	124 992	126 761	130 120	132 694	135 419
Manggarai Timur	-	-	-	-	244 798	252 744	257 744	263 786
Sabu Raijua	-	-	-	-	-	72 960	74 403	75 048
Kota Kupang	-	-	238 150	292 922	299 518	336 239	342 892	362 104
NTT	2 737 166	3 268 644	3 882 900	4 534 319	4 619 655	4 683 827	4 776 485	4 899 260

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa jumlah penduduk di NTT terus meningkat pertahunnya, dengan tingkat kepadatan yang merata pertumbuhannya di setiap kabupaten/kota. Data ini diperlukan untuk melakukan proses perhitungan jumlah muatan ternak sapi yang akan diangkut, dengan mempertimbangkan faktor tingkat konsumsi daging sapi dan tingkat kepadatan dari penduduk NTT dalam jangka waktu beberapa tahun ke depan, sehingga nantinya dilakukan koreksi dari tingkat konsumsi penduduk atas jumlah ternak sapi yang akan diangkut oleh kapal.

III.4 Pelabuhan di NTT

NTT mempunyai beberapa pelabuhan yang diantaranya merupakan pelabuhan-pelabuhan yang sangat bervariatif. Di NTT terdapat pelabuhan kecil yang sangat sederhana, hingga pelabuhan besar bertaraf internasional. Dalam hal ini diharapkan nantinya kapal yang didesain dapat beroperasi secara maksimal dengan pemilihan pelabuhan yang sesuai, guna memperlancar proses pengiriman ternak di kawasan NTT guna menunjang pasokan daging sapi yang akan dikirim ke luar provinsi. Beberapa pelabuhan yang ada di NTT, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar III.3 Daftar Pelabuhan di NTT
(Sumber: maps.google.co.id)

III.4.1 Pelabuhan Tenau

Pelabuhan Tenau mulai dibangun pada tahun 1964 dengan dermaga sepanjang 23 meter didaerah Tenau Kelurahan Alak yang berjarak kurang lebih 12 km kearah selatan dari kota kupang. Sejalan dengan meningkatnya arus kunjungan kapal ke pelabuhan Tenau, maka pada tahun 1982 dermaga diperpanjang hingga menjadi 223 meter. Selain itu pada tahun 1990 telkah selesai dibangun dermaga kapal penumpang sepanjang 100 meter dan tahun 1996 selesai dibangun dermaga Pelayaran Rakyat sepanjang 50 meter. Kedalaman perairan disekitar dermaga antara 7.1 meter pada waktu pasang terendah hingga 9.1 meter pada waktu pasang tertinggi.

III.4.2 Pelabuhan Ende

Pelabuhan Ende merupakan pelabuhan yang terletak ditengah kota Ende yang sejak 1 Juni 2014 lalu berganti nama menjadi Pelabuhan Bung Karno. Hal itu dicanangkan oleh bupati Ende sebagai wujud apresiasi pemerintah dan masyarakat Ende kepada Bung Karno. Pelabuhan Ende sendiri menjadi penghubung ke kota-kota lain seperti Kupang, Mataram, Denpasar, Surabaya, dan lainnya. Kedalaman perairan berkisar antara 4.9 meter hingga 6.1 meter.

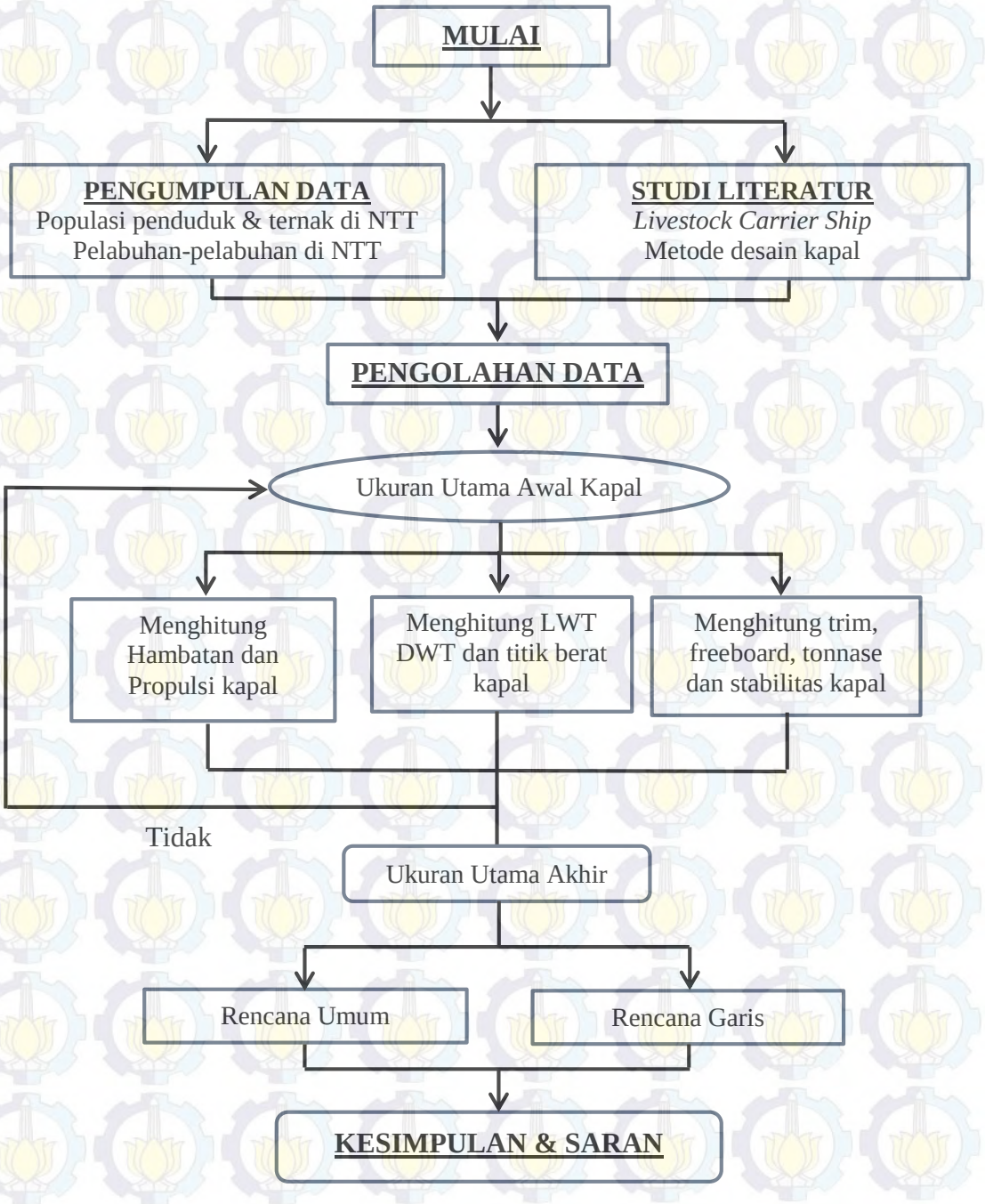
III.4.3 Pelabuhan Waingapu

Pelabuhan Waingapu merupakan salah satu pelabuhan yang ada di Kota Waingapu, Kabupaten Sumba Timur. Selain pelabuhan Waingapu, masih ada dua pelabuhan lagi yaitu pelabuhan Rakyat dan pelabuhan Ferry-Wulla Waijellu. Kedalaman perairan disekitar pelabuhan berkisar antara 7.1 meter hingga 9.1 meter.

Dengan adanya data daftar pelabuhan tersebut diharapkan nantinya dalam proses pengerjaan dapat dipilih salah satu dari data pelabuhan tersebut untuk menjadi rute dari kapal yang akan didesain.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini memerlukan adanya metode-metode pengerjaan dan analisis perhitungan yang baik. Maka di dalam bab ini akan dibahas langkah-langkah pengerjaan, mulai dari proses pengumpulan data, pengolahan data, metode yang digunakan, dan model penelitian yang dipakai, hingga analisis perhitungan, seperti dijelaskan pada diagram alir berikut.



Gambar IV.1 Diagram Alir Pengerjaan

IV.1 Studi Literatur

Tahap pertama yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah studi literatur, yaitu mengumpulkan teori-teori yang dapat digunakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir, sehingga pada akhirnya dapat digunakan untuk membantu memperoleh hasil yang diinginkan. Dalam tahap ini dilakukan pencarian referensi-referensi tentang proses desain sebuah kapal, penjelasan mengenai *livestock carrier ship*, yang mencakup penataan ternak yang memenuhi prinsip *animal welfare* dan kebutuhan ternak selama di kapal. Selain itu pencarian tentang metode desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan proses pengolahan data serta perhitungan teknis juga dicari untuk membantu pengerjaan nantinya. Referensi-referensi tersebut dapat berupa buku, jurnal, *e-book*, *paper*, Tugas Akhir sebelumnya yang masih berkaitan, dan juga sumber-sumber dari internet.

IV.2 Pengumpulan Data

Langkah kedua adalah tahap pengumpulan data, data yang dimaksud yaitu data yang relevan dan mencakup segala aspek yang berhubungan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Data untuk kapal pembanding tidak digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, karena kapal yang akan didesain adalah kapal khusus pengangkut sapi, yang belum terdapat di Indonesia, namun ada untuk skala Internasional, tetapi data yang diperoleh dengan batasan-batasan *deadweight*, tahun pembuatan, maupun parameter lainnya tidak didapatkan hasil regresi yang maksimal, karena kapal jenis ini masih tergolong sedikit jika dibandingkan dengan kapal niaga yang lain. Maka dari itu diputuskan bahwa proses desain kapal menggunakan estimasi sendiri, dimana nantinya terdapat referensi-referensi untuk mendukung proses desain tersebut.

Berikut data-data yang dibutuhkan antara lain:

IV.2.1 Data Populasi Sapi di NTT

Data populasi sapi di NTT dibutuhkan dalam pengerjaan, karena muatan dari kapal yang didesain adalah ternak sapi. Data ini mencakup populasi sapi di tiap pulau yang ada di NTT dari tahun ke tahun, sehingga nantinya dapat digunakan teknik *forecasting* untuk beberapa tahun kedepan. Kemudian dapat dilihat pulau mana yang berpotensi untuk menunjang pengiriman sapi keluar provinsi selain pulau Timor Bagian Barat, karena dearah tersebut akan dijadikan sebagai tempat pengumpulan sapi dari pulau lain yang nantinya akan dikirim keluar provinsi. Dengan penentuan daerah itulah rute pelayaran dapat ditentukan, dengan menggunakan pelabuhan yang ada di tiap pulau yang bersangkutan.

IV.2.2 Data Penduduk di NTT

Data penduduk berikut tingkat kepadatannya di setiap kabupaten/kota dari tahun ke tahun juga dibutuhkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, karena dalam konsep desain kapal ini adalah mengangkut ternak sapi dengan mempertimbangkan keadaan penduduk di sekitar. Selanjutnya dengan menggunakan teknik *forecasting* juga untuk memprediksi jumlah penduduk beberapa tahun kedepan. Dengan kata lain data ini dapat digunakan untuk mengoreksi muatan yang dapat diangkut oleh kapal, berdasarkan tingkat konsumsi daging sapi dan jumlah penduduk di daerah yang bersangkutan, meskipun nantinya hasilnya hanya sepersekian persen dari jumlah muatan yang dapat diangkut.

IV.2.3 Data Pelabuhan di NTT

Data pelabuhan diperlukan karena setelah dapat menentukan di pulau mana saja yang mempunyai potensi yang cukup tinggi untuk memproduksi daging sapi, selanjutnya dibutuhkan data dari pelabuhan meliputi kedalaman perairan, panjang dermaga, dan lain-lain, agar sesuai untuk kapal yang di desain. Dengan kata lain data ini dapat menentukan rute pelayaran dari kapal, serta menunjukkan bahwa kapal dapat beroperasi dengan baik untuk rute tersebut.

IV.3 Pengolahan Data

Setelah semua data yang telah disebutkan di atas terkumpul maka langkah selanjutnya adalah mengolah data-data tersebut hingga dapat membantu untuk menghasilkan desain yang memenuhi syarat. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

IV.3.1 Menentukan *Payload*

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan berapa jumlah muatan yang akan diangkut oleh kapal yang sedang didesain. Langkah ini merupakan langkah pertama, karena *payload* merupakan satu poin penting dari *ownerôs requirements*. Langkah ini meliputi proses pengolahan dari data jumlah populasi sapi per tahun di NTT, dan dengan tingkat konsentrasi populasi sapi di tiap kabupaten/kota, maka dapat ditentukan di daerah/pulau mana sebaiknya kapal tersebut akan dioperasikan. Selanjutnya data jumlah penduduk di daerah/pulau tersebut dan prediksinya di tahun 2016, untuk melakukan perhitungan tingkat konsumsi sapi di setiap daerah, kemudian dapat diketahui ternak sapi yang akan dimuat oleh kapal.

Dengan demikian dapat ditentukan *payload* yaitu berapa ekor sapi yang akan dimuat dengan satuan ekor/hari, dan telah ditentukan di daerah/pulau mana saja sebaiknya kapal tersebut akan dioperasikan untuk menunjang pengiriman sapi keluar provinsi.

IV.3.2 Menentukan Rute Kapal

Setelah *payload* dapat ditentukan maka selanjutnya adalah menentukan rute kapal, dan tidak lepas dari penentuan kecepatan dinas yang akan direncanakan. Dalam penentuan rute kapal, maka data yang diambil adalah data pelabuhan di NTT yang berada di daerah/pulau yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Dengan pemilihan pelabuhan tersebut, dapat dipilih pelabuhan mana yang dapat mendukung pengoperasian kapal yang di desain, yang mencakup kondisi sarat muatan, ataupun fasilitas bongkar muat yang memadai atau tidak.

IV.3.3 Menentukan Kecepatan Dinas

Selanjutnya setelah penentuan rute kapal, maka dapat ditentukan kecepatan dinas yang akan direncanakan untuk pengoperasian kapal. Dalam penentuan kecepatan dinas, data yang dibutuhkan adalah seberapa jauh jarak antara pelabuhan keberangkatan, yang telah ditentukan di langkah sebelumnya, menuju ke pelabuhan tujuan, yaitu Pelabuhan Tenau di Kota Kupang. Setelah mengetahui jarak antar pelabuhan dengan satuan *nautical mile*, maka dapat divariasikan berbagai kecepatan dalam satuan *knot*, terhadap waktu berlayar dalam satuan *days*. Namun dengan mempertimbangkan jenis kapal dan kondisi muatan kapal maka ditentukan pula batasan dari variabel kecepatan yang akan divariasikan, yaitu 10 knot hingga 14 knot.

IV.3.4 Menentukan Sistem Bongkar Muat

Setelah *payload* telah ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan sistem penataan muatan yang optimal, dan sistem bongkar muat yang sesuai. Dalam langkah ini dibutuhkan referensi-referensi berupa cara bongkar muat untuk muatan yang relevan, dan dapat diaplikasikan untuk kapal dengan jenis *livestock carrier ship*. Proses ini meliputi penentuan cara bongkar muat, alat-alat yang dibutuhkan untuk bongkar muat, dan pembagian atau penataan muatan di dalam ruang muat, yang pada akhirnya dapat menentukan proses selanjutnya yaitu penentuan ukuran utama kapal.

IV.3.5 Menentukan Ukuran Utama

Setelah sistem bongkar muat dan penataan muatan dapat ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran utama dari kapal. Dalam langkah ini yang dilakukan adalah menggunakan referensi-referensi berupa sistem pendinginan, sistem insulasi pada ruang muat, pembagian ruang muat, dan referensi lainnya yang sesuai dan berguna untuk membantu menentukan ukuran utama untuk kapal dengan jenis *livestock carrier ship*. Dalam menentukan ukuran utama juga diperlukan adanya batasan-batasan, yaitu batasan rasio dimensi kapal dan dengan melakukan pengecekan dari perhitungan teknis sehingga didapatkan ukuran utama akhir.

IV.4 Perhitungan Teknis

Setelah ukuran utama dari kapal telah ditentukan maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan teknis. Dalam langkah ini perhitungan dibantu oleh *software Microsoft Excel 2013*. Perhitungan untuk langkah ini meliputi:

IV.4.1 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan dilakukan untuk memperoleh hasil pendekatan hambatan yang diterima oleh lambung kapal. Perhitungan ini dilakukan dengan metode *Holtrop*, yang mencakup bahwa hambatan kapal terdiri dari tiga komponen utama yaitu hambatan viskositas, hambatan karena tonjolan-tonjolan dari badan kapal, dan hambatan dari gelombang yang dibentuk oleh badan kapal. Dalam perhitungan hambatan ini nantinya dihasilkan dalam satuan *Newton*.

IV.4.2 Perhitungan Propulsi

Selain perhitungan pada hambatan nantinya akan dilakukan perhitungan propulsi pada kapal yang pada akhirnya menentukan seberapa besar *power* yang dibutuhkan oleh kapal untuk mencapai kecepatan dinasnya. Perhitungan ini bertujuan untuk menemukan ukuran *power* yang dibutuhkan kapal, sehingga dapat dipilih jenis mesin dan ukuran mesin yang nantinya akan digunakan oleh kapal, beserta generator untuk membantu sistem kelistrikan dan sistem ventilasi untuk muatan di kapal. Pada langkah ini juga digunakan referensi-referensi berupa jumlah *power* yang pada umumnya dibutuhkan untuk sistem ventilasi untuk kapal berjenis *livestock carrier ship.*

IV.4.3 Perhitungan Berat dan Titik Berat

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan berat dari kapal yang mencakup DWT dan LWT. LWT merupakan berat mati dari kapal yaitu perhitungan berat badan kapal beserta bangunan atas dan rumah geladak, serta peralatan permesinan dan perlengkapannya. Sedangkan untuk DWT diperlukan jumlah *payload*, bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, jumlah kru, dan lain-lain. Setelah kedua perhitungan berat dilakukan selanjutnya adalah menentukan titik berat dari kedua komponen berat tersebut, untuk menentukan trim dan stabilitas kapal.

IV.4.4 Perhitungan Stabilitas

Perhitungan stabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan kapal untuk kembali ke kedudukan semula ketika terkena gaya oleng saat berlayar. Perhitungan stabilitas silakukan dengan pendekatan untuk sesuai dengan kriteria *IMO* resolusi A.749 (18). Dalam perhitungan ini diharapkan kapal dapat memenuhi kriteria stabilitas sehingga kapal dapat berlayar dengan aman ketika beroperasi.

IV.4.5 Perhitungan *Trim*

Perhitungan *trim* kapal bertujuan menentukan seberapa besar kemiringan dari kapal saat kondisi muatan penuh. Perhitungan ini dilakukan dengan tujuan bahwa sudut kemiringan kapal masih dalam batas toleransi atau tidak sehingga pada akhirnya menentukan keamanan saat dalam pelayaran.

IV.4.6 Perhitungan *Freeboard*

Perhitungan *freeboard* dilakukan untuk mengetahui lambung timbul kapal apakah masih dalam batas yang diizinkan atau tidak. Sehingga perhitungan ini menentukan keamanan saat dalam pelayaran, karena *freeboard* yang terlalu kecil akan membahayakan kapal, namun *freeboard* yang terlalu besar akan merugikan keuntungan yang diperoleh dari kapal. Maka dari itu diperlukan perhitungan yang sesuai dan akurat yang menyangkut dengan kondisi sarat kapal.

IV.5 Pembuatan Rencana Garis

Langkah selanjutnya adalah proses pembuatan Rencana Garis, yaitu dimana kelengkungan-kelengkungan dari bentuk badan kapal dapat dilihat dalam langkah ini, yang nantinya menentukan bentuk *streamline* dari kapal. Pembuatan Rencana Garis dapat dilakukan setelah melakukan proses perhitungan teknis, yang menunjukkan bahwa ukuran utama kapal sudah sesuai. Dalam langkah ini digunakan *software Maxsurf 11.12* untuk membantu menyelesaikan pembuatan Rencana Garis dari kapal. Pada proses ini nantinya kapal akan dibagi dalam beberapa *section* yaitu pembagian kapal secara melintang, kemudian dibagi dalam beberapa garis air secara horizontal, dan kemudian ke arah vertikal.

IV.6 Pembuatan Rencana Umum

Dari Rencana Garis yang telah dibuat maka selanjutnya dapat dibuat desain Rencana Umum, yaitu merupakan gambar lengkap dari kapal yang didesain secara menyeluruh dari pandangan atas, yang meliputi geladak utama, bangunan atas serta rumah geladak di setiap tingkat. Kemudian dalam langkah ini juga terdapat pandangan kapal dari samping untuk mengetahui sistem penataan muatan dan pembagian ruang muat dari kapal. Dalam langkah ini nantinya digunakan *software AutoCAD 2007* untuk membantu menyelesaikan desain Rencana Umum.

IV.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua langkah selesai, kemudian dilakukan penarikan kesimpulan dari analisis dan perhitungan yang telah dilakukan. Kesimpulan berupa ukuran utama dari kapal, jumlah *payload* yang dapat dimuat oleh kapal, rute pelayaran dari kapal dan kecepatan dinas kapal.

Sedangkan saran berisi tentang hal-hal yang dapat dikembangkan dari Tugas Akhir ini, yang nantinya dapat dijadikan judul oleh Tugas Akhir selanjutnya, serta kekurangan-kekuarangan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini.

BAB V

ANALISIS TEKNIS

V.1 *Ownerôs Requirements*

V.1.1 Perencanaan Muatan

Langkah pertama dalam proses desain kapal adalah merencanakan *owner's requirements*, salah satunya adalah *payload*, atau muatan yang diangkut oleh kapal. Dalam hal ini, muatan yang dimaksud adalah ternak sapi. Maka dari itu dibutuhkan data awal untuk merencanakan muatan kapal, yaitu data dari populasi sapi tiap kabupaten/kota yang ada di NTT, seperti yang terlihat pada tabel berikut.

Tabel V.1 Populasi Sapi per Kabupaten/Kota di NTT Tahun 2011-2013
(Sumber: Prakoso, 2014)

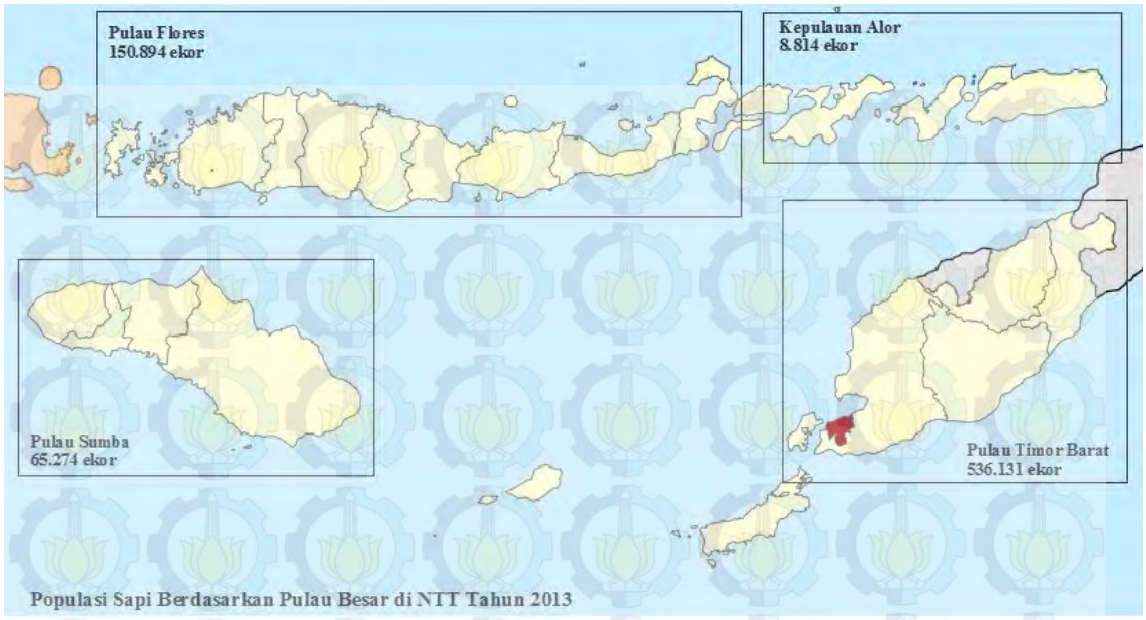
No.	Kabupaten/Kota	2011	2012	2013
1	Sumba Barat	1.208	1.264	1.279
2	Sumba Timur	53.051	55.491	56.579
3	Kabupaten Kupang	151.250	158.208	147.498
4	Timor Tengah Selatan	167.834	175.554	161.990
5	Timor Tengah Utara	98.631	103.168	105.580
6	Belu	111.180	116.294	115.826
7	Alor	4.351	4.551	4.513
8	Lembata	3.607	3.773	4.301
9	Flores Timur	1.591	1.664	1.934
10	Sikka	11.271	11.789	13.271
11	Ende	29.447	30.802	33.685
12	Ngada	21.523	22.513	25.757
13	Manggarai	21.87	22.876	24.013
14	Rote Ndao	39.479	41.295	43.953
15	Manggarai Barat	10.312	10.786	12.533
16	Sumba Tengah	5.462	2.901	5.391
17	Sumba Barat Daya	2.773	5.713	2.025
18	Nagekeo	24.301	25.419	27.281
19	Manggarai Timur	12.062	12.617	12.420
20	Sabu Raijua	2.646	2.768	3.378
21	Kota Kupang	4.784	5.004	5.243
JUMLAH		**778.633**	**814.450**	**803.450**

Dengan data di atas maka terlihat bahwa populasi sapi tersebar merata pada masing-masing kabupaten/kota di NTT. Untuk menentukan daerah/pulau mana yang akan menjadi *supplier* guna menunjang kebutuhan sapi, maka dari itu Provinsi NTT dibagi menjadi beberapa daerah/pulau yang kemudian akan dijadikan acuan sebagai daerah/pulau pengoperasian kapal yang sedang didesain. Sebelum membagi ke dalam beberapa daerah/pulau maka data yang ada di tabel tersebut diolah terlebih dahulu ke dalam bentuk peta Provinsi NTT. Berikut adalah gambar pembagian pulau sesuai peta di NTT dan data yang diambil adalah pada tahun 2012.

Gambar V.1 Peta Populasi Sapi Berdasarkan Kabupaten/Kota di NTT Tahun 2012 (Sumber:http://commons.wikimedia.org)

Dari gambar diatas terlihat bahwa populasi sapi terbanyak cenderung berada pada Pulau Timor bagian barat, dengan total populasi sekitar lebih dari 500.000 ekor. Hal tersebut menjadikan pulau Timor bagian barat menjadi pusat pengiriman ternak keluar provinsi. Namun di pulau lain juga terdapat banyak populasi sapi yang bisa menunjang kebutuhan sapi untuk dikirim, hal ini dimaksudkan agar semua daerah ikut serta dalam swasembada daging sapi dan menjadikan NTT sebagai provinsi ternak.

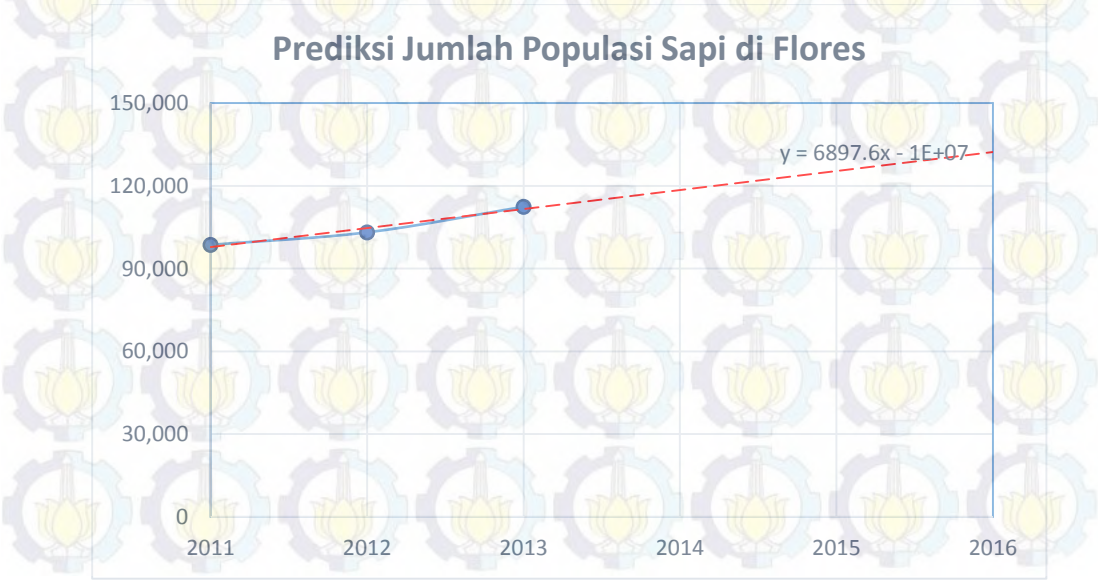
Untuk itu NTT dibagi menjadi lima daerah utama, yaitu Pulau Flores, Pulau Sumba, Pulau Timor bagian barat, Kepulauan Alor, dan pulau lainnya, yaitu Pulau Sabu Raijua dan Pulau Rote. Setelah pembagian daerah dilakukan maka selanjutnya membagi populasi sapi di tiap kabupaten/kota sesuai dengan daerah/pulau yang telah dibagi tersebut. Berikut ini adalah gambar pembagian populasi sapi sesuai daerah/pulau pada tahun 2012.



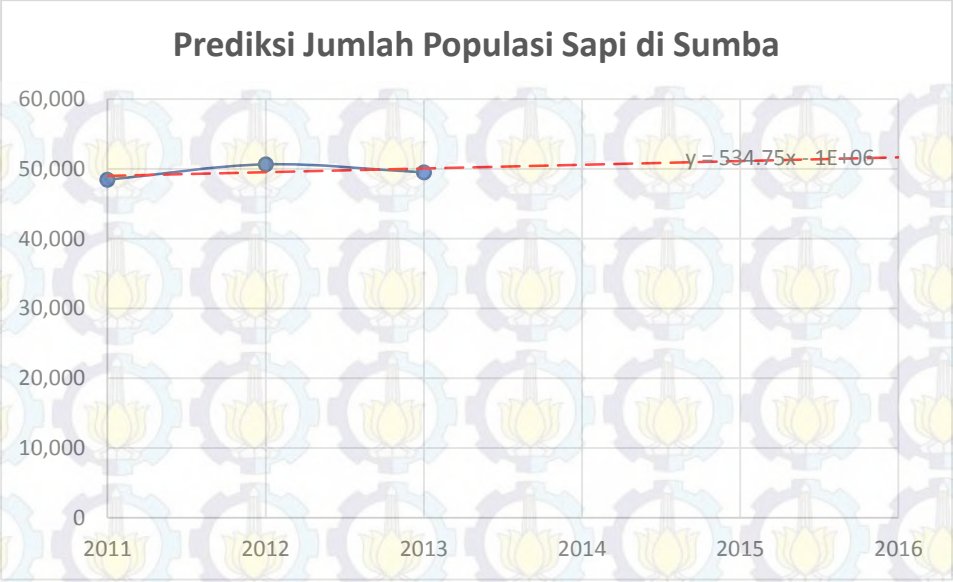
Gambar V.2 Peta Populasi Sapi Berdasarkan Daerah/Pulau di NTT Tahun 2012
(Sumber: http://commons.wikimedia.org)

Dari gambar di atas maka dapat disebutkan bahwa populasi sapi di Pulau Flores dan Pulau Sumba memiliki tingkat konsentrasi atau kepadatan terbanyak setelah Pulau Timor bagian barat. Maka dari itu, dalam Tugas Akhir ini daerah yang dipilih untuk menunjang kebutuhan ternak sapi adalah Pulau Flores dan Pulau Sumba dengan pertimbangan memiliki tingkat populasi yang tinggi.

Maka langkah selanjutnya adalah mencari prediksi untuk populasi sapi di Pulau Flores dan Pulau Sumba untuk tahun 2016. Proses prediksi kali ini yaitu menggunakan regresi linier dari jumlah populasi yang ada di Pulau Flores dan Pulau Sumba saja, dengan data yang didapatkan adalah dalam rentang tahun 2011 hingga 2013. Diasumsikan bahwa sapi betina produktif tidak diperbolehkan untuk dikirim keluar provinsi, maka didapat grafik sebagai berikut.



Gambar V.3 Grafik Prediksi Populasi Sapi di Pulau Flores



Gambar V.4 Grafik Prediksi Populasi Sapi di Pulau Sumba

Kemudian dari grafik tersebut terdapat persamaan garis linier yang dapat dijabarkan dalam tabel prediksi populasi sapi di Pulau Flores dan Pulau Sumba pada tahun 2011-2016 berikut ini.

Tabel V.2 Prediksi Populasi Sapi di Pulau Flores

Tahun	Populasi
2011	98,621
2012	103,144
2013	112,416
2014	121,688
2015	131,922
2016	143,225

Tabel V.3 Prediksi Populasi Sapi di Pulau Sumba

Tahun	Populasi
2011	48,433
2012	50,661
2013	49,502
2014	48,344
2015	48,435
2016	50,117

Maka dapat dikatakan bahwa pada tahun 2016 populasi sapi di Pulau Flores dan Pulau Sumba adalah sekitar 193,342 ekor. Selanjutnya diasumsikan bahwa semua sapi diproduksi untuk diambil bagian yang bisa dikonsumsi (karkas) dengan menggunakan faktor karkas, yaitu sebesar 0.1755 (Prakoso, 2014).

- Untuk Pulau Flores

$$143{,}225 \times 0{,}1755 = 25{,}135.93 \text{ ton/tahun}$$

$$= 68.87 \text{ ton/hari}$$

- Untuk Pulau Sumba

$$50{,}117 \times 0{,}1755 = 8{,}795.53 \text{ ton/tahun}$$
$$= 24.10 \text{ ton/hari}$$

Maka didapat daging sapi yang bisa dikonsumsi penduduk Pulau Flores dan Pulau Sumba perharinya adalah sebesar 92.96 ton/hari.

Langkah selanjutnya adalah mengoreksi jumlah daging sapi yang dapat dikonsumsi dengan keadaan penduduk di Pulau Flores dan Pulau Sumba. Maka dari itu dibutuhkan data dari jumlah penduduk di pulau tersebut, prediksi untuk tahun 2016, dan dikalikan dengan tingkat konsumsi daging sapi untuk penduduk tersebut. Berikut data untuk penduduk di Provinsi NTT, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel V.4 Jumlah Penduduk di NTT Tahun 1980-2012
(Sumber: Prakoso,2014)

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk							
	1980*)	1990*)	2000*)	2008	2009	2010	2011	2012
Sumba Barat	232 101	291 921	365 200	106 524	108 644	110 993	113 189	116 621
Sumba Timur	123 078	152 946	190 450	228 351	233 568	227 732	232 237	238 241
Kupang	403 167	522 944	444 800	383 896	394 173	304 548	310 573	321 384
Timor Tengah Selatan	289 655	348 067	404 700	417 942	419 984	441 155	449 881	453 386
Timor Tengah Utara	134 092	163 052	198 600	213 153	214 842	229 803	234 349	238 426
Belu	181 073	216 060	256 600	441 451	465 933	352 297	359 266	370 770
Alor	124 948	144 629	163 350	180 487	181 913	190 026	193 785	196 179
Lembata	-	-	85 570	106 312	108 152	117 829	120 160	124 912
Flores Timur	257 687	265 759	186 330	234 076	238 166	232 605	237 207	241 053
Sikka	219 656	246 867	264 650	278 628	279 464	300 328	306 269	309 074
Ende	201 609	218 841	230 150	238 127	238 195	260 605	265 761	267 262
Ngada	172 575	198 100	222 050	133 406	135 294	142 393	145 210	148 969
Manggarai	397 525	499 458	632 300	512 065	274 984	292 451	298 236	307 140
Rote Ndao	-	-	-	114 236	115 874	119 908	122 280	125 035
Manggarai Barat	-	-	-	206 367	211 614	221 703	226 089	236 604
Sumba Tengah	-	-	-	60 173	61 370	62 485	63 721	65 606
Sumba Barat Daya	-	-	-	261 211	266 408	284 903	290 539	302 241
Nagekeo	-	-	-	124 992	126 761	130 120	132 694	135 419
Manggarai Timur	-	-	-	-	244 798	252 744	257 744	263 786
Sabu Raijua	-	-	-	-	-	72 960	74 403	75 048
Kota Kupang	-	-	238 150	292 922	299 518	336 239	342 892	362 104
NTT	2 737 166	3 268 644	3 882 900	4 534 319	4 619 655	4 683 827	4 776 485	4 899 260

Setelah mengetahui data dari jumlah penduduk di NTT, maka akan diambil untuk jumlah penduduk di Pulau Flores dan Pulau Sumba saja. Pada Pulau Flores terdiri dari 8 kabupaten, yaitu Manggarai, Manggarai Timur, Manggarai Barat, Sikka, Ende, Ngada, Nagakeo, dan Flores Timur. Sedangkan untuk Pulau Sumba terdiri dari 4 kabupaten, yaitu Sumba Barat, Sumba Timur, Sumba Tengah, dan Sumba Barat Daya. Maka selanjutnya diambil atau diseleksi data penduduk untuk kabupaten yang telah disebutkan saja untuk jangka tahun yang berurutan saja, yaitu 2008-2012, sehingga data jumlah penduduk di Pulau Timor bagian barat dapat dilihat pada tabel berikut.

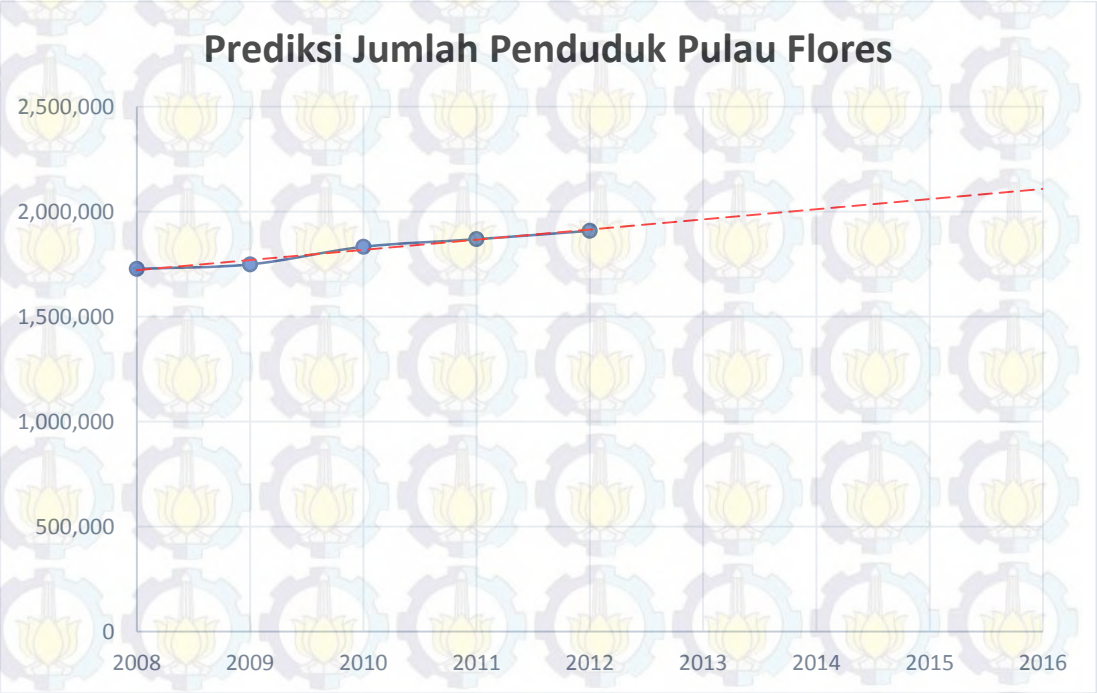
Tabel V.5 Jumlah Penduduk di Pulau Flores Tahun 2008-2012

Tahun	Penduduk
2008	1,727,661
2009	1,749,276
2010	1,832,949
2011	1,869,210
2012	1,909,307

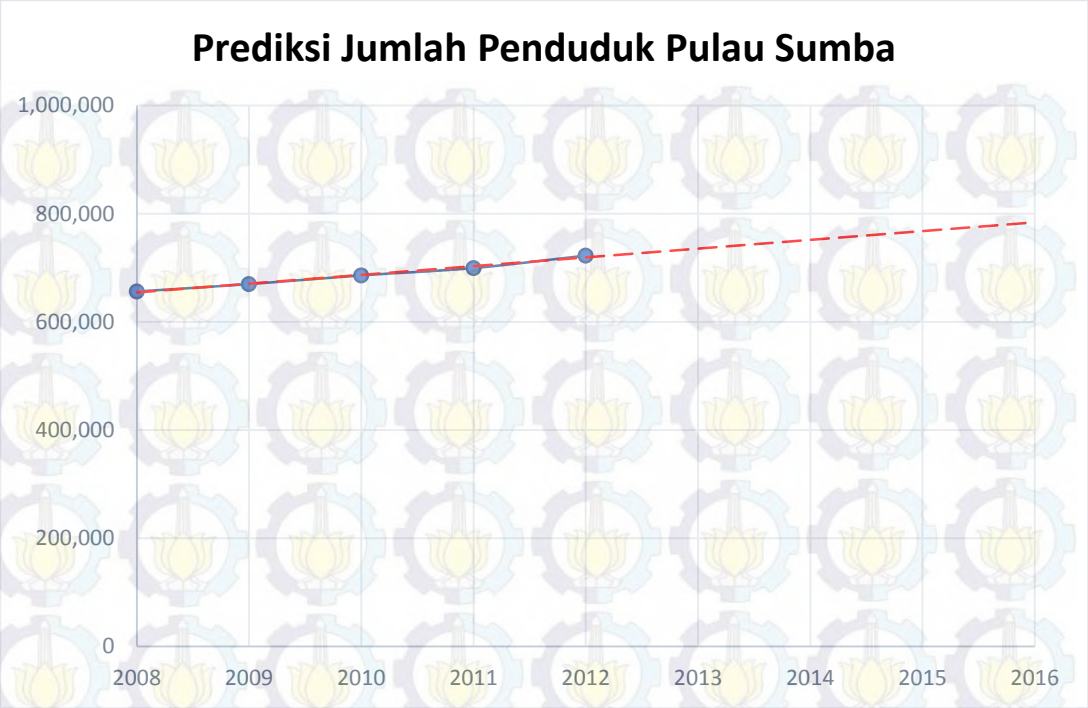
Tabel V.6 Jumlah Penduduk di Pulau Sumba Tahun 2008-2012

Tahun	Penduduk
2008	656,358
2009	669,990
2010	686,113
2011	699,686
2012	722,709

Selanjutnya akan dilakukan prediksi untuk jumlah penduduk di Pulau Flores dan Pulau Sumba tersebut hingga tahun 2016, dengan menggunakan regresi linier dari *software Microsoft Excel 2013*, dan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar V.5 Grafik Jumlah Penduduk di Pulau Timor Barat



Gambar V.6 Grafik Jumlah Penduduk di Pulau Timor Barat

Dari grafik tersebut maka dapat diketahui bahwa dapat diketahui jumlah penduduk di Pulau Flores dan Pulau Sumba hingga tahun 2016 adalah seperti tertera pada tabel berikut.

Tabel V.7 Jumlah Penduduk di Pulau Flores Tahun 2008-2016

Tahun	Populasi
2008	1,727,661
2009	1,749,276
2010	1,832,949
2011	1,869,210
2012	1,909,307
2013	1,949,404
2014	1,990,610
2015	2,032,960
2016	2,076,494

Tabel V.8 Jumlah Penduduk di Pulau Sumba Tahun 2008-2016

Tahun	Populasi
2008	656,358
2009	669,990
2010	686,113
2011	699,686
2012	722,709
2013	745,732
2014	769,515
2015	794,083
2016	819,463

Dengan demikian telah diketahui bahwa jumlah penduduk di Pulau Flores pada tahun 2016 adalah sebesar 2,076,494 jiwa dan untuk Pulau Sumba adalah sebesar 819,463 jiwa.

Langkah selanjutnya adalah untuk mengetahui tingkat konsumsi daging sapi dari jumlah penduduk tersebut. Diasumsikan dapat mengkonsumsi daging sapi adalah yang berumur 5 tahun keatas, dengan perbandingan jumlah yang berumur kurang dari tahun adalah 8%. Untuk tingkat konsumsi daging sapi rata-rata di Pulau Flores adalah 1.07 kg/kapita/tahun, sedangkan 1.48 kg/kapita/tahun untuk Pulau Sumba (BPS NTT, 2013). Sehingga konsumsi daging sapi untuk penduduk di Pulau Flores dan Pulau Sumba adalah:

- Untuk Pulau Flores

  $1.07 \times 1{,}910{,}374 = 2{,}044{,}100.18$ kg/tahun

  $= 2{,}044.1$ ton/tahun

  $= 5.600$ ton/hari

- Untuk Pulau Sumba

  $1.48 \times 753{,}906 = 1{,}115{,}780.88$ kg/tahun

  $= 1{,}115.78$ ton/tahun

  $= 3.057$ ton/hari

Maka presentase antara tingkat konsumsi daging sapi penduduk di Pulau Flores dan Pulau Sumba terhadap ketersediaan daging adalah sebesar:

- Untuk Pulau Flores

  $5.600 \div 68.87 \times 100 = 8.1\ \%$

- Untuk Pulau Sumba

  $3.057 \div 24.10 \times 100 = 12.7\ \%$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa masih terdapat *surplus* di kedua pulau yang bisa dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan sapi untuk dikirim keluar provinsi. Sehingga surplus dalam satuan ton/hari tersebut diasumsikan menjadi ekor (ternak sapi) dengan cara dibagi dengan faktor karkas yang nantinya akan dijadikan *payload* kapal yang sedang didesain untuk tiap pulau adalah sebagai berikut:

- Untuk Pulau Flores

  $68.87 - 8.1\% = 63.27$ ton/hari = 360 ekor/hari

- Untuk Pulau Flores

  $24.10 - 12.7\% = 21.04$ ton/hari = 120 ekor/hari

Maka ***payload*** yang didapatkan adalah sebesar **480** ekor.

V.1.2 Perencanaan Rute

Langkah selanjutnya adalah perencanaan rute, yaitu sebagai salah satu komponen dari *owner's requirements*. Dalam perencanaan rute hal pertama yang harus diketahui terlebih dahulu adalah pemilihan pelabuhan. Karena di NTT terdiri dari beberapa pulau besar serta populasi sapi yang tersebar merata, maka diambil satu pelabuhan untuk setiap pulau yang dijadikan sebagai daerah pengoperasian kapal. Pulau yang dipilih adalah Pulau Sumba dan Pulau Flores sebagai tempat muat muatan, serta Pulau Timor bagian barat yang menjadi tempat bongkar muatan untuk nantinya akan dikirim keluar provinsi. Maka pelabuhan yang dipilih adalah Pelabuhan Waingapu, yang berada di Sumba Timur, Pelabuhan Ende di Ende, dan Pelabuhan Tenau di Kota Kupang. Jarak dari Pelabuhan Waingapu menuju ke Pelabuhan Ende adalah 96 mil laut dan jarak dari Pelabuhan Ende menuju Pelabuhan Tenau adalah 150 mil laut, jadi jarak yang ditempuh untuk sampai di tempat bongkar muatan adalah 246 mil laut. Lalu jarak untuk kembali ke pelabuhan pertama melewati jalur yang berbeda dengan jarak 220 mil laut. Maka jarak total pelayaran adalah 466 mil laut.

Gambar V.7 Perencanaan Rute Kapal
(Sumber: http://commons.wikimedia.org)

V.1.3 Perencanaan Kecepatan Dinas

Dalam perencanaan kecepatan dinas maka hal terlebih dahulu yang akan dilakukan adalah membuat variasi dari berbagai kecepatan dalam satuan *knot*, terhadap waktu berlayar dalam satuan *days*. Namun dengan mempertimbangkan jenis kapal dan kondisi muatan kapal pada umumnya maka ditentukan pula batasan dari variabel kecepatan yang akan divariasikan, yaitu 10 knot hingga 14 knot. Dalam menentukan kecepatan dinas tentu tak lepas dari jumlah total waktu perjalanan (*roundtrip*) yang dibutuhkan oleh kapal, karena kedua hal tersebut berhubungan erat. Maka dari itu dibuatlah struktur pembagian waktu yang direncanakan oleh kapal yang di desain:

- *Sea Time*

  Merupakan jumlah waktu yang dibutuhkan kapal untuk menempuh jarak dari pelabuhan keberangkatan menuju ke pelabuhan tujuan.

- *Port Time*

  Merupakan jumlah dari waktu yang dibutuhkan kapal selama berada di dalam pelabuhan.

  Port time terdiri dari:

  - *Approach Time*: Jumlah jam yang di pergunakan selama pelayanan pemanduan, yaitu sejak kapal bergerak dari lego jangkar sampai ikat tali di tambatan dan sebaliknya. Apabila selama di pelabuhan ada kegiatan kapal pindah, maka jumlah jam yang terpakai untuk kapal bergerak menuju lokasi tambatan lainnya di perhitungkan pula sebagai waktu antara yang dinyatakan dalam satuan jam.
  - *Postpone Time*: Waktu tertunda yang tidak bermanfaat selama kapal berada di perairan pelabuhan antara lokasi lego jangkar sebelum / sesudah melakukan kegiatan yang dinyatakan dalam satuan jam. Penyebab adanya *postpone time* diantaranya yaitu kerusakan kapal karena suatu hal, menungu dokumen atau muatan, dan karena keadaan cuaca.
  - *Effective Time*: Merupakan jumlah jam secara riil yang dipergunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat di pelabuhan.
  - *Not Operating Time*: Waktu tidak kerja adalah jumlah jam yang di rencanakan kapal tidak bekerja selama berada di tambatan, termasuk waktu istirahat dan waktu menunggu buruh, serta waktu menunggu akan lepas tambat kapal dinyatakan dalam satuan jam.
  - *Waiting Time*: Waktu tunggu karena pelayanan di pelabuhan sejak kapal di perairan pelabuhan, dikarenakan menunggu pelayanan tambatan dan pelayanan pandu atau tunda.

- *Roundtrip Time*

  Adalah waktu yang dibutuhkan oleh kapal mulai dari berangkat dari pelabuhan keberangkatan hingga kembali ke pelabuhan semula. *Roundtrip time* terdiri dari jumlah waktu dari dua kali *sea time*, ditambah dengan jumlah waktu *port time* pada masing-masing pelabuhan.

Dengan demikian maka didapatkan variasi antara kecepatan dinas, *sea time*, *port time*, dan *roundtrip time* dalam satuan jam dan hari.

Tabel V.9 Variasi Kecepatan Dinas dengan Waktu Tempuh

Vs	Sea Time (h)	Port Time (h)	Roundtrip Time (h)	Roundtrip Time (d)
10	46.6	29.75	76.4	3.2
11	42.4	29.75	72.1	3.0
12	38.8	29.75	68.6	2.9
13	35.8	29.75	65.6	2.7
14	33.3	29.75	63.0	2.6

Dengan dasar pemikiran bahwa jika kecepatan dipilih terlalu lambat maka proses pengiriman tidak efektif, karena muatannya adalah ternak sapi dan biaya operasional yang dibutuhkan akan lebih besar. Namun jika kecepatan dipilih terlalu cepat maka di sisi lain akan berdampak pada efek hambatan yang besar, membutuhkan daya mesin yang lebih besar, serta koefisien blok yang kecil. Dimana dalam hal ini peran koefisien blok sangat penting, karena mencakup bentuk lekuk badan kapal, dan karena pada dasarnya sistem penataan muatan sapi pada kapal adalah dengan kandang, maka akan lebih banyak *space* yang terbuang di ruang muat, yang pada akhirnya akan merugikan pihak pemilik kapal.

Berdasarkan data serta variasi pada tabel di atas dan dengan pertimbangan-pertimbangan yang telah disebutkan, maka:

Kecepatan dinas : 11 knot

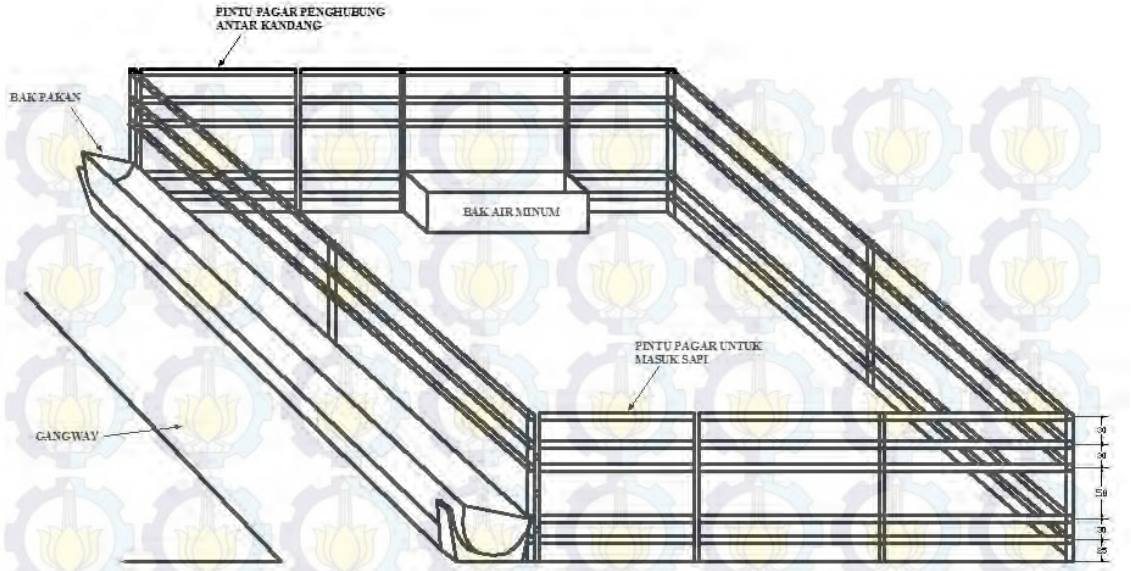
Waktu tempuh : 3.0 hari

V.2 Perencanaan Sistem Bongkar Muat dan Penataan Muatan

Langkah selanjutnya adalah merencanakan sistem bongkar muat, dimana nantinya akan dipilih sistem yang paling sesuai dengan konsep desain dari kapal ini. Pada umumnya sistem bongkar muat yang paling umum ditemui untuk jenis muatan ternak dalam hal ini adalah sapi, sistem yang digunakan adalah menggunakan jembatan dan bantuan *stockman* untuk menggiring masuk ataupun keluar ternak dari kapal, seperti yang terlihat dalam gambar di bawah berikut.

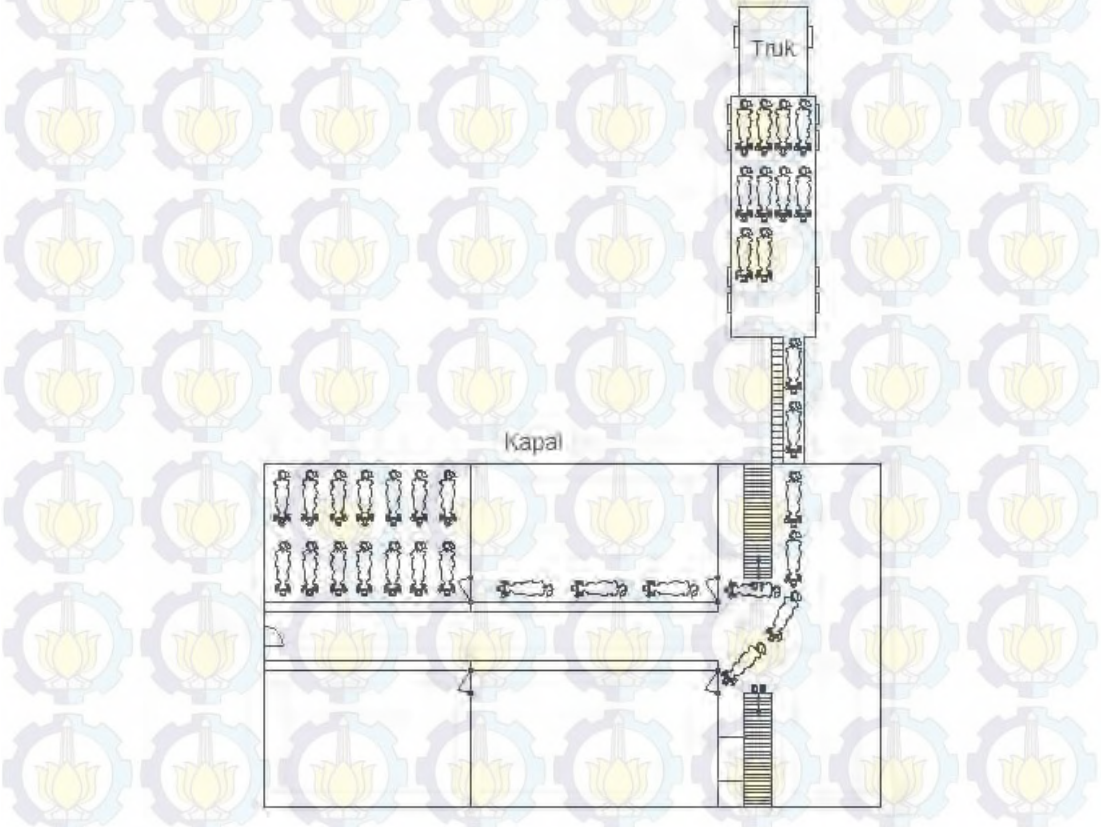
Gambar V.8 Proses Bongkar Muat Menggunakan Tangga
(Sumber: disnak.jabarprov.go.id)

Untuk penataan muatan ternak adalah dengan sistem kandang yang ada di dalam lambung maupun di atas dek kapal yang tertutup untuk memudahkan proses mobilitas dan penataan pada ruang muat. Dalam mendesain kandang-kandang untuk ternak ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu kapasitas ternak, kepadatan ternak/*stocking density* (SD), serta rak pakan dan air minum untuk ternak. Berikut adalah desain kandang untuk diaplikasikan di kapal.



Gambar V.9 Detail Kandang Sapi di Kapal

Dengan kandang yang sudah di desain seperti pada gambar di atas, maka langkah selanjutnya adalah mengatur tata letak kandang di dalam kapal. Pengaturan tata letak kandang terbagi sisi kanan dan sisi kiri dengan *space* untuk jalan *stockman* memberi pakan sapi dan memanjang sepanjang ruang muat kapal. Dengan penataan kandang yang telah di atur, maka dapat direncanakan proses muat muatan di pelabuhan seperti gambar berikut.



Gambar V.10 Rencana Proses Muat Muatan di Pelabuhan

Pada Tugas Akhir ini akan di desain 32 kandang dengan kepadatan ternak 2.7 m^2 yang masing-masing mempunyai kapasitas ternak sapi yang berbeda-beda serta kandang isolasi untuk ternak yang sakit. Untuk lebih jelasnya, perhitungan dimensi kandang beserta kapasitasnya ada pada tabel di bawah ini.

Tabel V.10 Dimensi Kandang dan Kapasitasnya

Kandang	Luasan Kandang (m2)	Jumlah ternak (ekor)	L (m)	W (m)	Lokasi
1	38	14	7.5	5.0	
2	47	18	9.3	5.0	
3	60	23	12.0	5.0	
4	40	15	8.0	5.0	"B" DECK
5	40	15	8.0	5.0	
6	44	17	8.8	5.0	
7	63	24	12.5	5.0	
8	38	14	7.5	5.0	
9	38	14	7.5	5.0	
10	47	18	9.3	5.0	
11	44	17	8.8	5.0	
12	32	0	8.0	5.0	MAIN DECK
13	32	12	8.0	5.0	
14	44	17	8.8	5.0	
15	47	18	9.3	5.0	
16	38	14	7.5	5.0	
17	38	14	7.5	5.0	
18	47	18	9.3	5.0	
19	38	14	8.8	5.0	
20	28	11	8.0	5.0	SECOND DECK
21	28	11	8.0	5.0	
22	38	14	8.8	5.0	
23	47	18	9.3	5.0	
24	38	14	7.5	5.0	
25	36	14	7.5	5.0	
26	47	18	9.3	5.0	
27	45	17	12.0	5.0	
28	20	8	8.0	5.0	DOUBLE BOTTOM
29	20	8	8.0	5.0	
30	33	13	8.8	5.0	
31	63	24	12.5	5.0	
32	36	14	7.5	5.0	
	ẽ =	480			

Kandang isolasi

V.3 *Layout* Awal dan Ukuran Utama

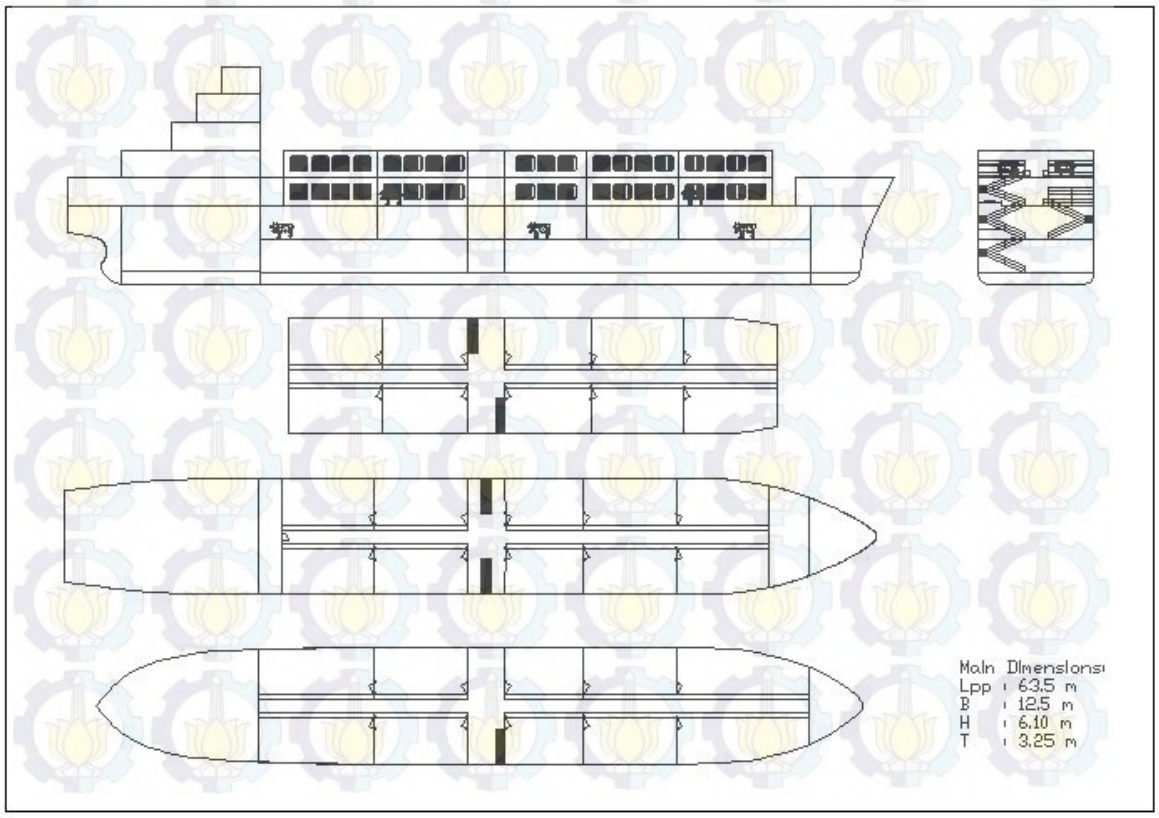
Dengan sudah ditentukannya *payload*, rute pelayaran, kecepatan dinas, dan sistem bongkar muat serta penataan muatan, maka langkah selanjutnya adalah membuat *layout* awal, sehingga sudah dapat ditentukan pula ukuran utama dari kapal yang didesain. Dalam membuat *layout* awal, dibutuhkan konsep desain utama dari kapal. Konsep kapal yang didesain adalah *livestock carrier ship* dengan muatan ternak sapi.

Pada proses desain *layout* awal ini juga menentukan ukuran utama dari kapal. Ukuran utama dibuat dengan menggunakan ukuran yang sesuai dengan konsep desain dari ruang muat yang digunakan yaitu sistem kandang untuk ternak. Namun juga memperhatikan bahwa perlu adanya *space* untuk jalan sapi dan *stockman* untuk memberi pakan sebesar Ñ0.85 m. Selain dari dua hal tersebut, dalam mendesain ukuran utama diperlukan rasio ukuran utama yang sesuai, dengan acuan dari buku *Ship Design for Efficiency & Economy - Schneekluth* pada halaman 160. Sehingga didapatkan kapal dengan ukuran yang relevan dan tidak melewati batas tersebut.

Dengan begitu ruang muat didesain sebagai berikut:

- Untuk ruang muat dibuat sebanyak 4 tingkat,
- Lebar kapal menyesuaikan lebar kandang ditambah dengan jalan untuk sapi dan *stockman,*
- Panjang kapal menyesuaikan dengan rasio dan sekat-sekat yang ada.

Sehingga *layout* awal didesain seperti pada gambar dibawah berikut.



Gambar V.11 Layout Awal

Maka didapatkan ukuran utama awal sebagai berikut:

- Lwl : 65.42 m
- Lpp : 63.50 m
- B : 12.50 m
- H : 6.100 m
- T : 3.250 m

Dengan rasio dimensi beserta batasannya:

Tabel V.11 Rasio Dimensi dan Batasannya

Rasio Dimensi dan Batasan		
3.5 < L/B < 10	5.08	**OK**
H > L/16	3.96	**OK**
10 < L/T < 30	19.53	**OK**
1,8 < B/T < 5	3.84	**OK**

Dengan koefisien-koefisien utama sebagai berikut:

- Cb : 0.665
- Cp : 0.683
- Cm : 0.978
- Cwp : 0.743
- Displasemen : 1715.5 ton

Setelah desain dari *layout* awal didapatkan maka dapat melanjutkan ke perhitungan teknis, untuk menunjukkan bahwa desain kapal layak untuk digunakan dan dipoerasikan. Namun pada langkah ini juga sudah dapat dilakukan proses detail dari *layout* awal untuk menjadi rencana garis ataupun rencana umum. Dengan proses yang berkelanjutan, tidak menutup kemungkinan bahwa dalam mendesain kapal dibutuhkan proses *spiral design*. Sehingga nantinya didapatkan hasil yang relevan antara ukuran utama, perhitungan, *layout* awal dan desain rencana umum serta rencana garis.

V.4 Perhitungan Teknis

Dalam perhitungan teknis yang dilakukan adalah menghitung desain kapal dalam beberapa aspek untuk memenuhi kriteria dan keselamatan dalam pengoperasian kapal, sehingga nantinya akan dilakukan pengecekan-pengecekan hingga akhirnya didapatkan ukuran utama akhir. Dari proses desain *spiral* dan perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan ukuran utama akhir dari kapal yang akan di desain adalah sebagai berikut:

- Lwl : 68.12 m
- Lpp : 65.50 m
- B : 12.50 m

- H : 6.100 m
- T : 3.450 m

Dengan koefisien-koefisien utama sebagai berikut:

- Cb : 0.703
- Cp : 0.713
- Cm : 0.986
- Cwp : 0.793
- Displasemen : 2115.624 ton

V.4.1 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai dengan *owner's requirements*.

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode *Holtrop*. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal). Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah, yaitu *Lpp* menjadi *Lwl* dengan rumus $Lwl = 1.04\ Lpp$.

Adapun untuk rumus hambatan total (R_T) adalah sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2}\rho V^2 \cdot S_{tot}\left[C_F(1+k)+C_A\right]+\frac{R_W}{W}W$$

[Lewis, 1988, Principle of Naval Architecture Vol.II, hal.93]

Dalam perhitungan hambatan dengan metode Holtrop maka hambatan pada kapal pada dasarnya dibagi menjadi tiga komponen utama, yaitu:

1. *Viscous Resistance*

Untuk menghitung hambatan keketalan dibutuhkan komponen-komponen untuk mendapatkannya. Seperti bilangan *Rn* (*Reynold number*) untuk mendapatkan koefisien gesek yang menggunakan rumus ITTC 1957 dan *form factor of bare hull* $(1 + k_1)$.

Adapun rumus *viscous resistance* (R_V) yang diambil dari buku ò*Principle of Naval Architecture Vol.II, hal. 90*ò diberikan sebagai berikut:

$$R_V = \frac{1}{2}\rho V^2 \cdot C_{FO}(1+k_1)S$$

dimana:

ρ = *mass density salt water* (1025 kg/m^3)

V = *service speed* [ms^{-1}]

C_{FO} = *friction coefficient* (ITTC 1957)

$$= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Rn = *Reynold Number*

$$= \frac{V \times Lwl}{g}$$

υ = *kinematic viscosity*

= 1.18831 x 10^{-6} m/s^2

[D.G.M. Watson, "Practical Ship Design", Elsevier, Amsterdam, 1998 hal 168]

$1+k_1$ = *form factor of bare hull*

$$= 0.93 + 0.4871 \cdot c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \left(\frac{L^3}{V}\right)^{0.3649} \left(1 - C_p\right)^{-0.6042}$$

[Principle of Naval Architecture Vol.II, hal 91]

Keterangan :

c = $1 + 0.011\ C_{stern}$

Untuk pilihan C_{stern} dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel V.12 Koefisien Cstern

Choice No.	C_{stern}	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U - shaped section with Hogner stern

dimana:

C_{stern} = 0, *for normal section shape*

$$\frac{L}{L_R} = \frac{1 - C_P + 0.06\ C_P\ LCB}{4C_P - 1}$$

L_R = *length of run*

LCB = *longitudinal center of buoyancy as percentage of L*

L = *length of water line* (*Lwl*) *and all of coeffcient base on Lwl* [m]

T = *moulded draft* [m]

B = *moulded breadth* [m]

Sehingga untuk perhitungan *Viscous Resistance* didapatlah nilai Rn = 324368395.5, C_{FO} = 0.001769, dan $1+k_1$ = 1.290. Untuk detail perhitungan terlampir.

2. *Appendages Resistance*

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal (S_{tot}) yang terdiri dari luas badan kapal WSA (S) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, *bulbous bow*, dan *bilge keel* (S_{app}). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *appendages resistance* yaitu:

$$R_V = \frac{1}{2}\rho V^2 \cdot C_{FO} \cdot S_{tot}(1+k) \qquad \textit{[PNA Vol.II hal 92]}$$

dimana :

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)]\frac{S_{app}}{S_{tot}} \qquad \textit{[PNA Vol.II hal 92]}$$

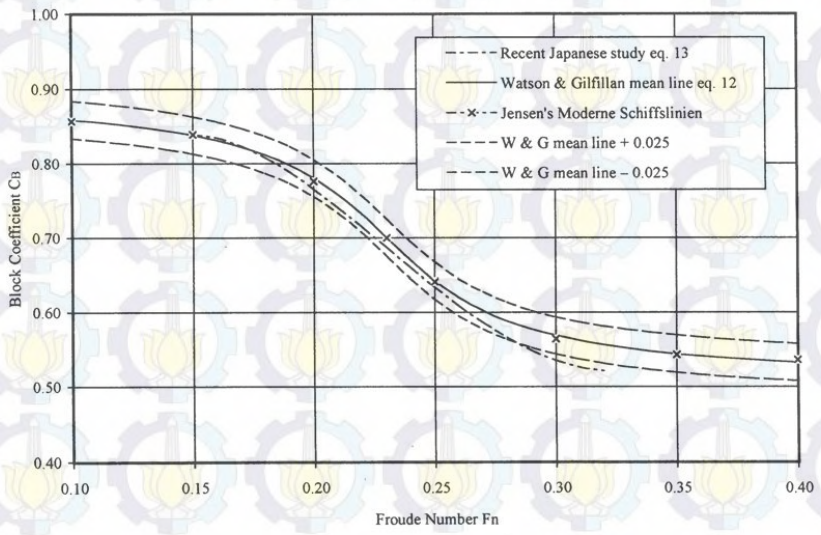
S = *Wetted surface area* *[PNA Vol.II hal 91]*

$$= L(2T + B) \cdot C_M{}^{0.5} \cdot \left(0.453 + 0.4425\, C_B - 0.2862\, C_M - 0.003467 \frac{B}{T} + 0.3696\, C_{WP} \right) + 2.38 \frac{A_{BT}}{C_B}$$

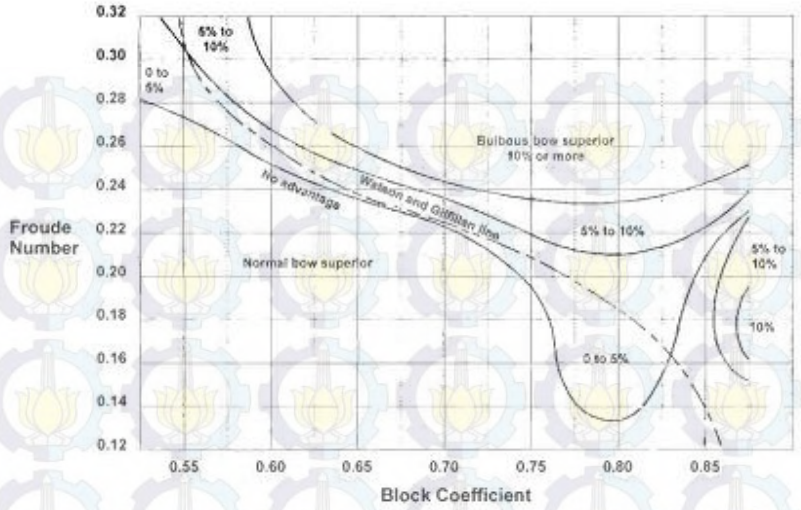
A_{BT} = *Cross sectional area of bulb in FP*

= 10% $A_{midship}$

= 10% $BT\, C_M$ (*B-series*)



Gambar V.12 Grafik Froude Number terhadap Koefisien Blok



Gambar V.13 Grafik Penggunaan Bulbous Bow

Harga 10% diperoleh dari grafik C_B ï Fn (*Watson,1998, hal. 233*). Grafik tersebut menjelaskan pemakaian *bulbous bow* atau tidak. Karena C_B kapal ini adalah 0.828 dan *Fn* bernilai 0.167, maka sesuai grafik tersebut kapal ini tidak perlu menggunakan *bulbous bow* karena tidak efektif dalam penggunaannya dan tidak efisien dalam *cost* yang dikeluarkan. Hal ini disebabkan karena tidak dapat mereduksi hambatan total.

A_{BT} = 0, dari grafik *[D.G.M. Watson, "Practical Ship Design", Elsevier, Amsterdam, 1998, hal 233]* (dari kapal yang paling optimal), untuk Cb = 0.828 dan Fn = 0.167 hanya memiliki keuntungan 0% - 5% jika menggunakan *bulbous bow.*

k_2 = *effective form factor of appendages* (lihat tabel dibawah)

S_{app} = *total wetted surfaceof appendages*

= $S_{\text{rudder}} + S_{\text{bilge keel}}$

$S_{tot} = S + S_{app}$

Efftive form factor values (k_2), *for different appendages*:

Tabel V.13 Harga Effective Form Factor

Type of Appendages	Value
Rudder of single screw ship	1.3 to
Spade-type rudders of twin-	2.8
Skeg-rudders off twin-screw	1.5 to
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

S_{rudder} = C_1*C_2*C_3*C_4*1,75*Lpp*$\frac{T}{100}$ *[BKI vol II hal 14-1]*

C_1 = faktor tipe kapal

C_2 = faktor tipe kemudi

C_3 = faktor tipe profil kemudi

C_4 = faktor letak baling-baling

$S_{bilge\ keel}$ = panjang *keel* * tinggi *keel* *[Watson, 1998, Practical Ship Design]*

Panjang *keel* = 0.6*C_B*L *[Watson, 1998, hal. 254, rumus 8.9]*

Tinggi *keel* = $\frac{0.18}{C_B - 0.2}$ *[Watson, 1998, hal. 254, rumus 8.9]*

Jika harga k_2 lebih dari 1, maka dihitung menggunakan rumus berikut:

$$(1+k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1+k_2)_i}{\sum S_i}$$

Catatan : S_{rudder} harus dikali dengan 2 dan $S_{bilge\ keel}$ dikali dengan 4.

Maka nilai 1 + *k* dapat dihitung dengan:

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)]\frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

Sehingga untuk perhitungan *Appendages Resistance* didapatlah nilai Stot = 1000.206, $1+k_2$ = 1.417, dan 1+k = 1.296. Untuk detail perhitungan terlampir.

3. *Wave-making Resistance*

Untuk menghitung hambatan gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat *displacement*, sudut masuk, luasan *bulbous bow* dan *transom*. Adapun rumus diberikan sebagai berikut:

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 Fn^d} + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})$$ *[PNA Vol.II hal 92]*

dimana :

Untuk kecepatan rendah ($Fn \leq 0.4$)

W = *displacement weight*

= $\rho . g . \nabla$ [N]

C_1 = $2223105\, C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$

Keterangan :

C_4 = $0.2296 \left(\frac{B}{Lwl}\right)^{0.3333}$ untuk $\frac{B}{Lwl} \leq 0.11$

$C_4 = \frac{B}{Lwl}$ untuk $0.11 \le \frac{B}{Lwl} \le 0.25$

$C_4 = 0.5 - 0.00625\frac{Lwl}{B}$ untuk $\frac{B}{Lwl} \le 0.25$

$d = -0.9$

i_E = *half angle of entrance at the load waterline*

$= 125.67\frac{B}{L} - 162.25\ C_P{}^2 + 234.32\ C_P{}^3 + 0.1551\left(LCB + \frac{6.8(T_a - T_f)}{T}\right)^3$

Ta = *moulded draft at AP* [m]

Tf = *moulded draft at FP* [m]

Ta = *Tf* = *T*

$m_1 = 0.01404\frac{L}{T} - 1.7525\frac{\nabla^{\frac{1}{3}}}{L} - 4.7932\frac{B}{L} - C_5$

Keterangan :

C_5 = 8.0798 C_P ï 13.8673 $C_P{}^2$ ï 6.9844 $C_P{}^3$ [untuk $Cp \le 0.8$]

C_5 = 1.7301 ï 0.7067 C_P [untuk $Cp \ge 0.8$]

$m_2 = C_6 \times 0.4e^{-0.034Fn^{-3.29}}$

Keterangan:

$C_6 = -1.69385$ [untuk $\frac{Lwl^3}{\nabla} \le 512$]

$C_6 = 1.69385 + \frac{\frac{L}{\nabla^{\frac{1}{3}}} - 8}{2.36}$ [untuk $512 \le \frac{Lwl^3}{\nabla} \le 1727$]

$C_6 = 0$ [untuk $\frac{Lwl^3}{\nabla}$ Ó 1727]

$\lambda = 1.446\ C_P - 0.03\frac{Lwl}{B}$ [untuk $\frac{Lwl}{B} \le 12$]

$\lambda = 1.446\ C_P - 0.36$ [untuk $\frac{Lwl}{B}$ Ó 12]

$C_2 = e^{-1.89\frac{A_{BT}\sqrt{\ }_B}{BT(\sqrt{\ }_B + i)}}$

C_2 = 1, jika tidak ada *bulb*

Keterangan :

γ_B = *effective bulb radius*

$= 0.56 A_{BT}^{0.5}$

i = *effective submergence of the bulb*

$= T_f - h_B - 0.4464\gamma_B$

T_f = *moulded draft at FP = T*

h_B = *height of the centroid of the area A_{BT} above the base line*

$C_3 = 1 - \frac{0.8A_T}{BTC_M}$

Keterangan :

A_T = *immersed area of the transom at zero speed* = 0

Sehingga untuk perhitungan *Wave-Making Resistance* didapatlah nilai W = 20754.3 N, C_1 = 3.27, C_2 = 1, C_3 = 1, m_1 = -2.173, m_2 = -0.0062, dan Rw/W = 0.00075. Untuk detail perhitungan terlampir.

Langkah selanjutnya yaitu untuk menghitung model *ship correlation allowance* atau koefisien tahanan udara (C_A) diberikan rumus dari buku ò*Principle of Naval Architecture Vol.II, hal. 90*ò sebagai berikut:

$$C_A = 0.006(Lwl+100)^{-0.16} - 0.00205 \quad \text{[untuk } \frac{T_f}{Lwl} > 0.04\text{]}$$

$$C_A = 0.006(Lwl+100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003\left(\frac{Lwl}{7.5}\right)^{0.5} C_B{}^4 C_2 \left(0.04 - \frac{T_f}{Lwl}\right) \quad \text{[untuk } \frac{T_f}{Lwl} < 0.04\text{]}$$

Setelah semua harga komponen hambatan total sudah didapatkan, maka selanjutnya hambatan total (R_T) (dengan kulit kapal dalam keadaan bersih) dapat dihitung dengan rumus yang sudah diberikan sebelumnya di atas. Didapatlah harga hambatan total (R_T) sebesar 49.605 kN. Kemudian harga hambatan total tersebut ditambah *sea margin* sebesar 15% (penambahan akibat hambatan kapal ketika kapal beroperasi; kekasaran pada lambung kapal), maka hasilnya menjadi 57. 047 kN. Untuk detail perhitungan hambatan kapal terlampir.

V.4.2 Penentuan Daya Motor Induk

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan pada suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya motor induk yang mampu mencakup seluruh kebutuhan kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik. Setelah daya dihitung, selanjutnya adalah memilih motor induk yang ada di katalog motor induk dengan kapasitas daya sama atau sedikit di atas daya yang telah dihitung. Dalam hal ini data mesin yang akan digunakan diambil dari katalog mesin *YANMAR.*

Untuk perhitungan daya motor induk (P_B), rumus dalam ò*Parametric Design Chapter 11*ò diberikan sebagai berikut :

- Perhitungan awal

1+k = 1.296

C_F = 0.001769

C_A = 0.0006

C_V = (1+k) . C_F + C_A

= 0.002885

w = 0.3 .C_B + 10 . C_V . C_B ï 0.1

= 0.131055

t = 0.1 (*Priciple of Naval Architecture Vol II hal 163*)

Va = Vs . (1-w)

=4.917

- Effective Horse Power (EHP)

PE = R_T . V_S

= 322.792 kW

- Thrust Horse Power

PT = PE ((1-w) / (1-t))

= 311.6544 kW

- Propulsive Coefficient Calculation

ɖH = Hull Efficiency = ((1-t) / (1-w))

= 1.036

ɖo = Open Water Test Propeller Efficiency = (J/(2.n)) . (KT/KQ)

= 0.5

ɖr = Rotative Efficiency

= 0.95

ɖD = Quasi-Propulsive Coefficient = ɖH . ɖo . ɖr

= 0.492

P_D = Delivered Power at Propeller = PE / ɖD

= 656.114 kW

- Shaft Horse Power (SHP)

ɖs = Shaft Efficiency (0.981 ~ 0.985)

= 0.98

Ps = P_D / η_s

= 669.505 kW

- Brake Horse Power (BHP)

η_R = Reduction Gear Efficiency = 0.97

P_B = BHP (*Break Horse Power*)

= Ps / η_R

= 690.211 kW

Setelah mendapat harga P_B, kemudian dilakukan koreksi MCR sebagai berikut.

Koreksi MCR = 15% . P_B

BHP = 793.743 kW

= 1079.172 HP

Sehingga diperoleh harga BHP untuk kapal yang akan di desain dalam Tugas Akhir ini adalah 1079.172 HP.

Adapun untuk daya genset yang akan dipakai, bisa didapatkan pada katalog genset yang disesuaikan dengan pemilihan mesin induk kapal. Dalam hal ini genset yang akan digunakan diambil dari katalog *YANMAR*. Untuk detail perhitungan perkiraan daya motor induk terlampir.

Dari perhitungan tersebut, maka dipilih motor induk dan genset sebagai berikut:

- Motor Induk

Jenis motor induk: 6EY22AW

Daya : 885 kW

RPM : 250

Panjang : 4687 mm

Lebar : 1618 mm

Tinggi : 2588 mm

Berat : 12.7 ton

- Genset

Jenis genset : 5L16/24

Jumlah : 2 buah

Daya : 430 kW

Panjang : 2751 mm

Lebar : 800 mm

Tinggi : 2450 mm

Berat : 7 ton

V.4.3 Perhitungan Jumlah Kru

Dalam merancang suatu kapal yang optimum (*cost* ringan dan produktivitas tinggi), maka *crew* atau Anak Buah Kapal (ABK) merupakan salah satu komponen yang penting untuk dilibatkan dalam perhitungan. Dengan demikian diharapkan nantinya akan didapatkan jumlah ABK yang dibutuhkan dengan tetap memperhatikan efisiensi kerja, sehingga biaya operasional kapal dapat ditekan serendah mungkin dengan efektifitas kerja yang tinggi, dan faktor-faktor lain sebagai pertimbangan dalam pembagian tugas masing-masing *crew*. Selain itu nantinya dalam Rencana Umum, ruangan dipisahkan antar layer menurut ratingnya masing-masing. Pembagian *crew* tiap layer tersebut juga digunakan untuk memperkirakan titik berat kapal akibat beban *crew*. Untuk perhitungan jumlah kru menggunakan formula sebagai berikut:

Untuk rumus pendekatan dalam menghitung jumlah ABK (Z_C) yang dibutuhkan, jumlah ABK yang direncanakan harus kurang dari atau sama dengan hasil dari persamaan berikut:

$$Z_C = C_{st}\left[C_{dk}\left(LBH\frac{35}{10^5}\right)^{\frac{1}{6}} + C_{eng}\left(\frac{BHP}{10^5}\right)^{\frac{1}{3}} + CADETS\right] \qquad \textit{[Gaguk Suhardjito, hal 8]}$$

dimana:

C_{st} = koefisien *steward deck* = 1.2 ~ 1.33

C_{dk} = koefisien *deck department* = 11.5 ~ 14.5

C_{eng} = koefisien *engine departement* = 8.5 ~ 11.0 (untuk mesin diesel)

BHP = tenaga mesin [HP]

Cadets = perwira tambahan atau tamu

Dalam Tugas Akhir ini direncanakan crew sebanyak 22 orang, dimana sudah termasuk beberapa *stockman* untuk memberi pakan dan minum sapi saat dalam pelayaran.

V.4.4 Perhitungan Berat DWT

DWT terdiri dari *payload* atau muatan bersih, *consumable* dan *crew*. *Payload* berharga 90% dari DWT, *consummable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oils*), minyak lumas (*lubrication oils*), minyak diesel (*diesel oils*), air tawar (*fresh water*) dan barang bawaan (*provision and store*). Setelah berat diketahui maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari harga KG.

1. Perhitungan Jumlah dan Berat Crew

Perhitungan jumlah *crew* dilakukan seperti rumus yang telah diberikan di bab sebelumnya, sedangkan untuk menghitung berat *crew* dan barang bawaan ($W_{C\&E}$) kita menggunakan aturan seperti yang terdapat dalam *Parson, Chapter 11, hal 11-25.*

$C_{C\&E}$ = 0.17 [ton/orang]

$W_{C\&E}$ = 0.17 Z_C [ton]

= 3.47 [ton]

2. Perhitungan Berat Bahan Bakar Mesin Induk

Menurut *Parson* kebutuhan bahan bakar dipengarui oleh konsumsi rata-rata bahan bakar dari mesin utama, misalnya *diesel engines* memberikan harga SFR (*specific fuel rate*) sebesar 0.000190 [ton/kW.hr] dan untuk gensets yang menggunakan *gas turbine* memberikan SFR sebesar 0.000215 [ton/kW.hr]. Selain itu kebutuhan bahan bakar dipengaruhi oleh MCR atau P_B dan lama berlayar. Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

SFR = *Specific Fuel Rate*

= 0.000190 [ton/kW hr] untuk *diesel engine*

MCR = P_B atau *BHP* [kW]

Range = jarak pelayaran [mil laut]

Margin = 5-10%

$W_{FO} = SFR \cdot MCR \cdot \frac{range}{V_s} \cdot margin$ [ton] *[Parson, Chapter 11, hal. 11-24]*

= 5.606 [ton]

= 6.137 [ton] (Koreksi Tambahan Konstruksi 2% dan Ekspansi Panas 2%)

$V_{FO} = \frac{W_{FO}}{\rho_{FO}}$ [m^3]

ρ_{FO} = berat jenis *fuel oil*

= 0.95 ton/m^3

V_{FO} = volume *fuel oil*

= 6.459 [m^3]

3. Kebutuhan Berat Bahan Bakar Mesin Bantu

C_{DO} = 0.15 ;Diktat IGM Santosa hal 38 (0.1 ~ 0.2)

W_{DO} = C_{DO} . W_{FO} [ton] *[Gaguk Suhardjito, hal 17]*

= 0.920 [ton]

= 1.105 [ton] (Koreksi 2% untuk Penambahan dan ´ = 0.85)

$V_{DO} = \frac{W_{DO}}{\rho_{DO}}$ [m^3]

ρ_{DO} = berat jenis *diesel oi*

= 0.85 ton/m^3

V_{DO} = volume *diesel oil*

= 1.299 [m^3]

4. Kebutuhan Berat Minyak Pelumas

Margin = 5-10%

$W_{LO} = SFR \cdot MCR \cdot \frac{range}{V_s} \cdot margin$ [ton]

= 0.557 [ton] (Koreksi 2% untuk Penambahan dan ´ = 0.9)

$V_{LO} = \frac{W_{LO}}{\rho_{LO}}$ [m^3]

ρ_{LO} = berat jenis *lubrication oil* = 0.9 ton/m^3

V_{LO} = volume *lubrication oil*

= 0.618 m^3

5. Kebutuhan Berat Air Tawar

- Untuk *Crew*

C_{fw1} = koefisien pemakaian air tawar untuk *Crew* :

- Mandi dan cuci = 200 kg / orang / hari

- Minum = 10 ~ 20 kg / orang / hari

W_{FW1} = berat air tawar *[Watson, Chapter 11, hal11-24]*

$= Z_C \cdot C_{1fw} \cdot \frac{S}{Vs} \cdot \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{1000}$ [ton]

= 7.441 [ton]

- Untuk Ternak

C_{fw2} = koefisien pemakaian air tawar untuk *Ternak*:

- Minum = 40 ~ 50 kg / ternak / hari

W_{FW2} = berat air tawar

$= Z_C \cdot C_{1fw} \cdot \frac{S}{Vs} \cdot \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{1000}$ [ton]

= 36.89 [ton]

- Untuk Pendingin

C_{fw3} = koefisien pemakaian air tawar untuk pendingin

= 2 ~ 5 kg/HP

W_{FW3} = berat air tawar untuk pendingin

$= C_{2fw} . BHP . 10^{-3}$

= 5.396 [ton]

W_{FW} = $(W_{FW1} + W_{FW2} + W_{FW3})*3.5$

= 177.552 ton

Sehingga :

ρ_{FW} = berat jenis air tawar = 1 ton / m^3

V_{FW} = volume total air tawar

$V_{FW} = \frac{W_{FW}}{\rho_{FW}}$ + koreksi $[m^3]$

= 177.552 m^3

6. Berat Bahan Makanan

- Untuk *Crew*

C_P = Koefisien kebutuhan konsumsi

= 3 ~ 5kg/orang/hari

W_{PR} = Berat *provision dan Store* *[Watson, Chapter 11, hal11-25]*

$= Z_C \cdot C_P \cdot \frac{S}{Vs} \cdot \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{1000}$

= 0.169 ton

- Untuk Ternak

C_P = Koefisien kebutuhan konsumsi

= 20 ~ 35 kg/ternak/hari

W_{PR} = Berat *provision dan Store*

$= Z_C \cdot C_P \cdot \frac{S}{Vs} \cdot \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{1000}$

= 25.82 ton

V.4.5 Perhitungan Titik Berat DWT

1. Crew

Untuk menghitung titik berat *crew*, maka terlebih dahulu dilakukan perencanaan pembagian tempat untuk *crew* (pada ruang akomodasi) berdasarkan jabatannya. Adapun perencanaannya adalah sebagai berikut:

- Main Deck
  - Quarter Master (3)
  - Electrician (1)
  - Steward (1)
  - Fitter (1)
  - Stockman (4)
  - Seaman (kelasi) (1)
  - Oiler (1)
- Poop Deck
  - Chief Cook (1)
  - Ass. Cook (1)

- Boat Deck
  - Chief Officer (1)
  - Second Officer (1)
  - Third Officer (1)
  - Second Engineer (1)
  - Third Engineer (1)
- Bridge Deck
  - Captain (Nahkoda) (1)
  - Chief Engineer (kepala kamar mesin) (1)
  - Radioman (1)

Dari susunan *crew* pada tiap ruang, maka dapat diketahui berat crew tiap ruang:

$W_{C\&E}$ = Z_C per ruang * berat rata-rata *Crew* / 1000 [ton]

dengan asumsi berat rata-rata *Crew* = 75 kg/orang

Tabel V.14 Titik Berat Kru per Ruang Akomodasi

Ruang Akomodasi	KG terhadap *base line*	LCG terhadap FP
Main Deck	$H + 0.5h_{main\ deck}$	$0.5l_{main\ deck} + l_{rm} + l_{ch}$
Poop Deck	$H + h_{main\ deck} + 0.5h_{poop}$	$0.5l_{poop} + l_{rm} + l_{ch}$
Boat Deck	$H + h_{md} + h_{poop} + 0.5h_x$	$0.5l_x + l_{rm} + l_{ch}$
Bridge Deck	$H + h_{md} + h_{poop} + h_x + 0.5h_{wh}$	$0.5l_{wh} + l_{rm} + l_{ch}$

Keterangan:

l_{rm} = panjang ruang muat

l_{ch} = panjang tangki ceruk haluan

h_{md} = tinngi *main deck*

h_{poop} = tinggi *poop deck*

h_x = tinggi ñxò *deck*

h_{wh} = tinggi *wheel house deck*

Titik berat *crew* total:

$$KG = \frac{\sum(W_{C\&E} \cdot KG)}{\sum W_{C\&E}} \qquad LCG = \frac{\sum(W_{C\&E} \cdot LCG)}{W_{C\&E}}$$

2. Air Tawar

Dalam merencanakan air tawar diperlukan perencanaan tangki untuk menampung air tawar, seperti terlihat dalam perencanaan sebagai berikut.

Letak = Di atas double bottom ruang muat

Tinggi [t_{FW}] = 2.5 m

Lebar [l_{FW}] = 60% B

Panjang [p_{FW}] = 4 jarak gading

KG = İ . t_{FW}

LCG = İ p_{FW}

3. Minyak Pelumas

Dalam merencanakan minyak pelumas sama seperti halnya perencanaan air tawar, dibutuhkan tangki minyak pelumas di dalam kapal. Data dari perencanaan tangki minyak pelumas dapat dilihat pada tabel berikut.

Letak = Di depan sekat ceruk buritan

Tinggi [t_{LO}] = (H-T)+1.2

Lebar [l_{LO}] = $\frac{V_{LO}}{t_{LO}.p_{LO}}$

Panjang [p_{LO}] = 2 x jarak gading

KG = İ . t_{LO}

LCG = İ . p_{LO}

4. Minyak Mesin Bantu

Dalam perencanaan minyak untuk mesin bantu yaitu dibutuhkan data dari perencanaan tangki untuk minyak mesin bantu. Data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Letak = Di depan sekat ceruk buritan

Tinggi [t_{DO}] = (H-T)+1.2

Lebar [l_{DO}] = $\frac{V_{FO}}{t_{FO}.P_{FO}}$

Panjang [p_{DO}] = 2 x jarak gading

KG = İ l_{DO}

LCG = İ . p_{DO}

5. Bahan Bakar

Dalam perencanaan bahan bakar untuk mesin utama kapal maka dibutuhkan data perencanaan tangki untuk bahan bakar kapal. Data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Letak = Di depan sekat kamar mesin dan di double bottom

Tinggi [t_{FO}] = Hdb

Lebar [l_{FO}] = $\frac{V_{FO}}{t_{FO}.P_{FO}}$

Panjang [p_{FO}] = 3 x jarak gading

KG = İ t_{FO}

LCG = İ . p_{FO}

V.4.6 Perhitungan Berat LWT

LWT terdiri dari berat badan kapal, peralatan, perlengkapan dan permesinan atau dengan kata lain berat kapal kosong tanpa muatan dan *consumable*. Untuk menghitung berat baja kapal, peralatan, perlengkapan serta permesinaan ada beberapa pendekatan yang dapat digunakan, misalnya menurut *Watson, Schneecluth,* dan *Parson*. Untuk perhitungan berat baja lambung *Schneecluth* membagi ke dalam beberapa bagian antara lain berat baja lambung, berat bangunan atas dan berat rumah geladak.

1. Perhitungan Berat Baja Kapal

Input Data

L = 65.50 m

B = 12.50 m

H = 6.100 m

T = 3.45 m

K = 0.04

CB = 0.703

E = Ehull + ESS + Edh

= L (B+T) + 0.85L (D - T)+ 0.85 ẽ ăi.hi + 0.75 ẽ ăj.hj

Ehull = L (B+T) + 0.85L (D - T)

= 65.50 (12.50 + 3.45) + 0.85 . 65.50 (6.100 - 3.45)

= 1192.264

ESS = 0.85 ẽ ăi.hi

Poop ăi = 16.85 m

hi = 2.4 m

Forecastle ăi = 8.5 m

hi = 2.3 m

Untuk Ternak direncanakan 2 tingkat :

Lantai 1 ăi = 46 m

hi = 2.3 m

Lantai 2 ăi = 46 m

hi = 2.3 m

= 244.431

Edh = 0.75 ẽ ăj.hj

Deckhouse 1 ăj = 12 m

hj = 2.3 m

Deckhouse 2 ăj = 8 m

hj = 2.3 m

Deckhouse 3 ăj = 6.45 m

hj = 2.3 m

Deckhouse 4 ăj = 5.9 m

hj = 2.3 m

= 59.52

E = 1192.264 + 244.43 + 59.52)

= 1496.219

Ws = Ws (E)

= K . E1.36 (1 + 0.5(CBôï 0.70))

CBô = CB + (1 ï CB)((0.8D ï T)/3T)

CBô = 0.703 + (1 - 0.703) . ((0.8 . 6.1 - 3.45) / 3*3.45)

CBô = 0.7436

= 0.040 . 1496.219^1.36 . (1+0.5(0.743 - 0.70))

= 850.04 ton

Koreksi

Bulkhead Construcsion = 21.25098881 ton
(2.5% Ws)

Engine Foundation = 2.937084154 ton
27Pb / (n+250)(15+Pb/1000)

Double Bottom = 63.3038232 ton

Hdb = 1.1

Cdb = 0.1

Vdb = 633.03 m^3

Ws = 937.531 ton

2. Perhitungan Berat Peralatan Kapal

Input Data

LPP = 65.5 m

B = 12.5 m

H = 6.1 m

Co = 0.45

Berat E & O

WO = Co . L . B

= 0.45 . 65.50 . 12.50

= 409.375 ton

3. Perhitungan Berat Permesinan

Input Data

MCR mesin induk = 794 kW

MCR genset = 317 kW

N = 250 RPM

Cm = 0.83 ; passengers and ferries

hdb = 1.07 m ;tinggi double bottom di kamar mesin

D' = 5.03 m ;tinggi kamar mesin

WME = ẽ 12.(MCR/N)0.84

= 12 . (794/ 250)^0.84

= 31.67 ton

Wrem = Cm . (MCR)0.72

= 1 . (317)^0.72

= 52.52 ton

W = WME + Wrem

= 32 + 53

= 84.190 ton

V.4.7 Perhitungan Titik Berat LWT

Titik Berat Baja

KG_{Hull} = 58.3 ï 0.157 (0.824 - C_{BD})$\left(\frac{L}{H}\right)^2$ *Ds* . 0.01

KG_{hull} = (58.3-0.517*(0.824-Cbd)*(L/H)^2)*Ds*0.01 L Ò120 m Cbd = 0.76

= (58.3 - 0.517 . (0.82 - 0.76) . (65.50/10.70)^2) . 7.69 . 0.01) Ds = 7.69

= 3.742 m dari baseline

LCG_{hull} = -0.15 + *LCB* *[Parson, Chapter 11]*

LCG_{hull} = - 0.15 + LCB

= 0.065 m dari Midship

Titik Berat Peralatan Kapal

$KG_{E\&O}$ = H + 1.25 ; untuk Lpp ≤ 125 m

= 6.10 + 1.25

= 7.350 m

$LCG_{E\&O}$ = 25% $W_{E\&O}$ pada LCG_M
37.5% $W_{E\&O}$ pada LCG_{dh} [m]
37.5% $W_{E\&O}$ pada amidship

LCGo = *(25%.Wo at LCGM, 37.5% Wo at LCGdh, dan 37.5% at LCG amidship)*

25 % Wo = *92.109* *ton* *at* *8.850* *m dari AP*

37.5 % Wo = *138.164* *ton* *at* *9.87* *m dari AP*

37.5 % Wo = *138.164* *ton* *at* *32.75* *m dari AP*

$$LCG_{E\&O} = \frac{\sum (W_{LVx} \cdot LCG_x)}{\sum W_{LV}} \quad [m]$$

= 18.196 m

Titik Berat Permesinan

h_{db} = tinggi *double bottom*

D' = tinggi kapal pada kamar mesin = H [m]

KGm = h_{db} + 0.35 (*D'* ï h_{db}) [m] *[Parson, Chapter 11]*

= 1.1 + 0.35 (5 ï 1.1)

= 2.456 m

LCGm = sisi belakang mesin utama [m]

= 8.85 m

V.4.8 Perhitungan Berat dan Titik Berat Gabungan

Setelah harga berat dan titik berat LWT dan DWT di dapat langkah berikutnya mencari berat gabungan LWT dan DWT serta titik beratnya. Adapun langkah perhitungannya sebagai berikut:

Berat total = Berat baja + Berat peralatan + Berat permesinan + Berat *consummable* + *Payload*

KG total = ∑(Wx * KGx)/(displacement)

LCG total = ∑(Wx * LCGx)/ (displacement)

Dimana : x = *baja, peralatan, permesinan, consummable, payload*

Berat Total

W = LWT + Wcons + Wpayload

= 2038.34 ton

KG Total

$$KG = \frac{(W_{ST}\bar{A}KG_{ST}+W_{(E\&O)}\bar{A}KG_{(E\&O)}+W_M\bar{A}KG_M+W_{cons}\bar{A}KG_{cons}+W_{payload}\bar{A}KG_{payload})}{(W_{ST}+W_{(E\&O)}+W_M+W_{cons}+W_{payload})}$$

= 4.397 m

LCG Total dari FP

$$LCG = \frac{(W_{ST} \times LCG_{ST} + W_{(E\&O)} \times LCG_{(E\&O)} + W_M \times LCG_M + W_{cons} \times LCG_{cons} + W_{payload} \times LCG_{payload})}{(W_{ST} + W_{(E\&O)} + W_M + W_{cons} + W_{payload})}$$

= 33.030 m

V.4.9 Perhitungan Hukum Archimedes

Perhitungan hukum Archimedes terkait gaya apung kapal dilakukan dengan membandingkan antara displacement awal kapal dengan displacement hasil perhitungan DWT + LWT. Untuk toleransi selisih antara displacement baru (DWT + LWT) dengan displacement lama adalah 2% ï 10% φ_{awal}.

φ_{baru} = DWT + LWT

LWT = total berat baja kapal [ton]

DWT = payload + comsumable + crew [ton]

φ_{awal} = 2115.624 ton

LWT = 1488.34 [ton]

DWT = 550.32 [ton]

φ_{awal} = DWT + LWT

2115.624 = 2038.34

Margin = 3.6 %

V.4.10 Perhitungan Trim Kapal

Trim dapat didefinisikan sebagai kondisi kapal yang tidak even keel. Trim terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. Trim dibedakan menjadi dua, yaitu trim haluan dan trim buritan. Trim haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk trim buritan.

Untuk melakukan pemeriksaan sarat dan trim kapal diperlukan beberapa input sebagai berikut :

L = panjang kapal (Lpp) [m]

B = lebar kapal moulded [m]

T = sarat kapal [m]

∇ = volume dispalsement [m]

LCG = titik berat kapal dari FP [m]

KG = titik berat kapal terhadap keel [m]

LCB = titik tekan bouyancy dari FP [m]

C_M = midship coefficient

C_{WP} = waterplane coefficient

Selanjutnya dilakukan perhitungan hidrostatik. Adapun rumus perhitungan hidrostatik dalam ò*Parametric Design Chapter 11, M. G. Parson*ò diberikan sebagai berikut :

KB/T = 0.90 ï 0.30 C_M ï 0.1 C_B

KB = titik pusat gaya tekan buoyancy terhadap keel [m]

= (KB/T) . T

[Parametric Design Chapter 11, M. G. Parson rumus 25, hal 11-18]

KB/T = 0.534

KB = 1.842 m

I_T = momen inersia waterplane terhadap sumbu melintang kapal

C_I = koefisien inersia melintang

$= I_T / LB^3$

$= 0.1216\ C_{WP}$ ï 0.0410 $\Rightarrow I_T = C_I . LB^3$

=0.055 $= 7090.87\ m^4$

BM_T = jarak antara titik pusat gaya bouyancy terhadap titik metacenter secara melintang

$= I_T / \nabla$

BM_T = 3.4354 m

I_L = momen inersia waterplane terhadap sumbu memanjang kapal

C_{IL} = koefisien inersia memanjang kapal

$= I_L / BL^3$

$= 0.350\ C_{WP}^2$ ï 0.405 CWP + 0.146 $\Rightarrow I_L = C_{IL} . BL^3$

= 0.045 $= 157826.5\ m^4$

BM_L = jarak antara titik pusat gaya bouyancy terhadap titik metacenter secara memanjang

$= I_L / \nabla$

BM_L = 76.465 m

Berikutnya adalah menghitung trim kapal dengan rumus sebagai berikut :

GM_L = jarak antara titik berat dan titik metacenter secara memanjang

$= BM_L + KB$ ï KG

= 73.991

Trim $= T_A$ ï T_F

$= (LCG$ ï $LCB).L / GM_L$ [m]

[Parametric Design Chapter 11, M. G. Parson rumus 56, hal 11.27]

= 0.058 m (Trim Buritan)

Adapun batasan untuk trim adalah didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCB dan LCG, dengan batasan Ò0.1%Lpp. Jika perhitungan tidak memenuhi syarat, maka dapat diperbaiki dengan mengubah/menggeser letak tangki-tangki yang telah direncanakan pada gambaran rencana umum awal.

Batasan trim = (LCG-LCB) = 0.0651

= 0.1% . Lpp = 0.0655

Kondisi batasan trim **memenuhi**

V.4.11 Perhitungan *Freeboard*

Freeboard adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal terasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas. Panjang freeboard adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (Lwl) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang freeboard, pilih yang terpanjang antara Lpp dan 96% LWL pada 85% Hm. Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* (Bm). Dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas keel sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat stringer (senta) bila geladak tanpa penutup kayu.

Freeboard memiliki tujuan untuk menjaga keselamatan penumpang, crew, muatan dan kapal itu sendiri. Bila kapal memiliki *freeboard* tinggi maka daya apung cadangan akan besar sehingga kapal memiliki sisa pengapungan apabila mengalami kerusakan. Adapun langkah untuk menghitung freeboard berdasarkan *Load Lines 1966 and Protocol of 1988* sebagai berikut :

- Input data yang dibutuhkan:

H = 6.1 m

d = 0.85 ĀH

= 5.185 m

L1 (1) = 96% ĀLWL$_{0.85D}$

= 62.54 m

L1 (2) = Lpp

= 65.5 m

L1 = 65.5 m ; L1 diambil yang terbesar

B = 12.5 m

C_B = ∇/(L1ĀBĀd)

= 0.4862

ă$_{ST}$ = 1L ; *sepanjang kapal*

Perhitungan:

- Tipe kapal:

  Tipe A : kapal dengan persyaratan salah satu dari :

  - Kapal yang didesain memuat muatan cair dalam bulk.
  - Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang equivalent.
  - Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

  Kapal tipe A : tanker, LNG carrier

  Kapal tipe B : kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

  Kapal tipe B : Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships, Ro- Ro

- *Freeboard Standard (Fb)*

  yaitu freeboard yang tertera pada tabel freeboard standard sesuai dengan tipe kapal.

L1 (m)	⇨	Fb (mm)
65	⇨	644
66	⇨	659
interpolasi		
65.5	⇨	651.5 mm
	⇨	0.652 m

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m

  Untuk kapal dengan panjang 24 < L < 100 m dan mempunyai superstructure tertutup dengan panjang effektif mencapai 35%L.

  $+Fb_1 = 7.5.(100 ï L)(0.35 - \frac{E}{L})$ [mm]

  E = total panjang efektif superstructure [m]

  Maka freeboard standard ditambahkan sebesar $+Fb_1$ sesuai dengan dengan harga yang ada pada tabel B. Berhubung kapal yang sedang di desain panjangnya kurang dari 100 meter dan terdapat superstruktur dengan panjang efektif lebih dari 35% L, maka ada koreksi freeboard.

  $+Fb_1 = -168.2$ mm

- Koreksi blok koefisien (Cb)

  Jika Cb > 0.68 , maka koreksi freeboard pada freeboard standard harus dikalikan sebesar (Cb + 0.68)/1.36 yang merupakan penambahan freeboard.

  $+Fb_2 = Fb.\left[\frac{(Cb + 0.68)}{1.36}\right]$; Fb = freeboard standart

  $+Fb_2 = 662.518$ mm

- Koreksi tinggi kapal

Jika D > L/15 , maka freeboard ditambah dengan:

$+Fb_4$ = R.(D ï L/15) [mm]

R = L / 0.48 untuk L < 120 m

R = 250 untuk L > 120 m

Jika D < L/15 , tidak ada pengurangan kecuali jika mempunyai superstructure tertutup sebesar 0.6L amidship.

R = L/0.48

= 136.458

$+Fb_3$ = 899.046 mm

- Tinggi standart bangunan atas dan koreksi bangunan atas

Tabel V.15 Tinggi Standar untuk Freeboard

L [m]	Standart Height [m]	
	Raised Quarterdeck	Other Superstructure
30 or less	0.9	1.8
75	1.2	1.8
125 or more	1.8	2.3

Bila h < hs , maka ls = $\frac{h}{hs} * l$

Bila h > hs , maka ls = l

hs = tinggi standart bangunan atas

l = panjang bangunan atas

ls = panjang superstructure efektif

- Koreksi bangunan atas

Jika E = 1.0 L maka pengurangan freeboard adalah :

Tabel V.16 Pengurangan Freeboard

Total panjang efektif Superstructure [E]	Pengurangan [mm]
24	350
85	860
122	1070

Bila panjang berada diantaranya maka harga pengurangan diperoleh dengan interpolasi linier.

Jika E < 1.0 L maka harga pengurangan diperoleh dari prosentase tabel di bawah ini:

Untuk kapal tipe ñ A ñ :

Tabel V.17 Presentase Pengurangan untuk Kapal Tipe "A"

	Total Panjang Efektif Superstructure										
x . L	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Prosentase Pengurangan	0	7	14	21	31	41	52	63	75.3	87.7	100

Bila E berada diantaranya maka harga pengurangan diperoleh dengan interpolasi linier.

Untuk kapal tipe òBò :

Tabel V.18 Presentase Pengurangan untuk Kapal Tipe "B"

	Line	Total Panjang Efektif Superstructure										
x . L		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Kapal dengan forecastle dan tanpa bridge	I	0	5	10	15	23.5	32	46	63	75.3	87.7	100
Kapal dengan forecastle dan bridge	II	0	6.3	12.7	19	27.5	36	46	63	75.3	87.7	100

Bila E berada diantaranya maka harga pengurangan diperoleh dengan interpolasi linier.

Pada kapal yang sedang di desain ini memiliki total panjang efektif superstruktur (E) = 1.0 L, maka pengurangan freeboard diperoleh dari interpolasi linier yaitu sebesar 696.96 mm.

- Minimum Bow height

Untuk kapal L < 250 m:

$$Bwm = 56L\left(1-\frac{L}{500}\right)\left(\frac{1.36}{Cb+0.68}\right)$$

Cb diambil bila Cb > 0.68

Bwm = 3.717 m

- Batasan: Freeboard minimum = 0.69 m

Actual freeboard = 2.65 m (memenuhi)

V.4.12 Perhitungan Stabilitas Utuh

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruh oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling

penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan ò*Intact Stability Code, IMO*ò.

Perhitungan Stabilitas Utuh

Definisi input data:

L = Lwl [feet]

B = lebar maksimum [feet]

B_w = lebar maksimum pada waterline

= B [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 251]

H = tinggi waterline

= T (sarat pada muatan penuh) [feet]

D_M = minimum depth [feet]

S_F = sheer depan = 0 [tanpa sheer]

S_A = sheer belakang = 0 [tanpa sheer]

$æ_0$ = displacement pada waterline [tons]

L_d = panjang bangunan atas yang selebar kapal atau minimum 0.96 B [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 251]

d = tinggi bangunan atas yang selebar kapal atau minimum 0.96 B [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 251]

C_B = koefisien blok

C_W = koefisien waterline pada sarat T

C_X = koefisien midship pada sarat T = Cm

C_{PV} = koefisien prismatik vertikal pada sarat T

$= \frac{C_B}{C_W} = 0.886$ *[The Theory and Technique of Ship Design hal. 252]*

A_0 = luas waterline pada sarat

$= L \cdot B_W \cdot C_W = 6988.6$ [feet^2]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 252]

A_M = luas midship yang tercelup air

$= Bw \cdot T \cdot C_X = 457.56$ [feet^2]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 252]

S = sheer

= luas centerline plane di atas minimum depth dibagi dengan panjang

$= \left(L_d.d \right) + \left[\tfrac{1}{2}.L.\left(\frac{S_F}{3} \right) \right] + \left[\tfrac{1}{2}.L.\left(\frac{S_A}{3} \right) \right] = 1621.583$ [feet^2]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 255]

A_2 = luas vertical centerline plane sampai depth D

$= (0.98 . L . D_M) + S = 4842.30$ [feet^2]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 256]

D = mean depth

$= \left(\frac{S}{L} \right) + D_M = 27.559$ [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 255]

F = effective freeboard

= D ï T = 16.24 [feet]

A_1 = luas waterline pada depth D yang diestimasikan dari A_0 dan station dasar dibawah waterline

$= 1.01 . A_0 = 7058.489$ [feet^2]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 255]

Proses perhitungan:

$\Delta_T = \varphi_0 + \left(\frac{(A_0 + A_1)}{2} \left(\frac{F}{35} \right) \right) = 5341.264$ [tons]

$\varphi = \left(\frac{\varphi_T}{2} \right) - \varphi_0 = 588.325$ [tons]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 252]

$C_{w\hat{o}} = \frac{A_2}{L.D} = 0.985$

$C_{x\hat{o}} = \frac{A_M - B.F}{B.D} = 0.994$

$C_{PV\hat{o}} = \frac{35\varphi_T}{A_1 D} = 0.961$

$C_{PV\grave{o}} = \frac{35\varphi_T}{A_2 B} = 0.781$

$C_{w\grave{o}} = C_{w\hat{o}} - \frac{140\breve{u}}{B.D.L}(1 - C_{PV}'') = 0.911$

KG = tinggi titik berat kapal di atas lunas = 14.427 [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 252 - 253]

$$f_0 = \frac{H\left(\left(\frac{A_1}{A_0}\right)-1\right)}{2F\left(1-C_{PV}\right)} = 0.031$$

$$f_1 = \frac{D\left(1-\left(\frac{A_0}{A_1}\right)\right)}{2F\left(1-C_{PV}'\right)} = 0.2156$$

$$f_2 = \begin{cases} 9.1\left(C_X'-0.89\right) & \Rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_X' \leq 0.89 \end{cases}$$

$$= 0.948$$

Perhitungan h_1

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h1 untuk f= 0 = 0.484

h1 untuk f= 0.5 = 0.488

h1 untuk f= 1 = 0.490

h1 interpolasi = 0.500

$$KG\hat{o} = \frac{D\left(1-h_1\right)\varphi_T - \breve{u}}{2\varphi_0}$$

= 17.762 [feet]

GGô = KGôï KG = 3.335 [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 253]

Perhitungan h_0

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h0 untuk f= 0 = 0.458

h0 untuk f= 0.5 = 0.468

h0 untuk f= 1 = 0.483

h0 interpolasi = 0.469

KB_0 = tinggi titik apung awal

$= \left(1-h_0\right)\cdot H$ = 6.015 [feet]

GôB0 = KGôï KB_0 = 11.747 [feet]

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 253]

Perhitungan h_2

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h2 untuk f= 0 = 0.424

h2 untuk f= 0.5 = 0.438

h2 untuk f= 1 = 0.456

h2 interpolasi = 0.473

$$GoB_{90} = \left(\frac{\varphi_T h_2 B}{4\varphi_0}\right) - \left(\frac{17.5\check{u}^2}{\varphi_0\left(A_2 - 70\left(\frac{\check{u}}{B}\right)(1 - C_{PV}'')\right)}\right)$$

= 11.8252

[The Theory and Technique of Ship Design hal. 253]

C_1 = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e

= 0.065

BM_0 = (C1ÃLppÃBw^3)/(35Ã0)

= 13.114 [feet]

$C_{1ô}$ = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e

= 0.0699 [feet]

BM90 = (C1ÃLppÃD^3)/(35Ã0)+(LdÃLÃD^2)/(140Ã0)

= 8.539 [feet]

GM_0 = KB_0 + BM_0 ï KG

= 4.732 [feet]

$GôM_0$ = KB_0 + BM_0 ï KGô

= 1.397 [feet]

$GôM_{90}$ = BM_0 - $GôB_{90}$

= -3.287

b_1 = (9Ã(G`B90ï G`B0))/8ï (G`M0ï G`M90)/32 = -0.163

b_2 = (G`M0+G`M90)/8 = -0.236

b_3 = 3Ã(G`M0ï G`M90)/32ï 3Ã(G`B90ï G`B0))/8 = -0.410

Perhitungan Lengan Stabilitas

GG sin (1. ū) = (GGMÃsin(ū Ã))/180

b_1 sin (2.ū) = (b1Ãsin(ū Ã2´))/180

b_1 sin (4.ū) = (b2Ãsin(ū Ã4´))/180

b_1 sin (6.ū) = (b3Ãsin(ū Ã6´))/180

Pengecekan Stabilitas Utuh:

Sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya, maka pengecekan perhitungan stabilitas menggunakan ò*Intact Stability Code, IMO*ò Regulasi A.749 (18), yang isinya adalah sebagai berikut:

Kriteria stabilitas untuk semua jenis kapal :

$e_{0.30^o} \geq 0.055$ m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^o \geq 0.055$ meter rad. Hasil yang diperoleh dari perhitungan adalah 0.067 meter radian. (**memenuhi**)

$e_{0.40^o} \geq 0.09$ m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^o \geq 0.09$ meter rad. Hasil yang diperoleh dari perhitungan adalah 0.100 meter radian. (**memenuhi**)

$e_{30,40^o} \geq 0.03$ m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^o \sim 40^o \geq 0.03$ meter rad. Hasil yang diperoleh dari perhitungan adalah 0.034 meter radian. (**memenuhi**)

$h_{30^o} \geq 0.2$ m

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30^o atau lebih. Hasil yang diperoleh dari perhitungan adalah 0.403 meter radian. (**memenuhi**)

h_{max} pada $\phi_{max} \geq 25^o$

Lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25^o. Hasil yang diperoleh dari perhitungan adalah 41.93^o. (**memenuhi**)

$GM_0 \geq 0.15$ m

Tinggi Metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter. Hasil yang diperoleh dari perhitungan adalah 1.442 meter. (**memenuhi**)

V.4.13 Perhitungan Tonase Kapal

Perhitungan tonase kapal adalah cara tradisional untuk menentukan ukuran besar kapal. Dalam perhitungan tonase kapal dibagi menjadi dua bagian yaitu *Gross Tonnage* (GT) dan *Net Tonnage* (NT). *Gross Tonnage* (GT) adalah kapasitas dari ruangan-ruangan yang ada dalam badan/lambung kapal dan ruangan tertutup diatas geladak yang tersedia untuk muatan,gudang, bahan bakar, penumpang dan crew. Sedangkan *Net Tonnage* (NT) adalah GT dikurangi ruangan-ruangan yang digunakan untuk akomodasi captain, perwira, ABK pangkat dibawahnya, peralatan navigasi dan permesinan penggerak kapal.

Saat ini, NT digunakan untuk menentukan pajak pelabuhan untuk kapal-kapal berbagai ukuran. GT digunakan untuk menentukan persyaratan-persyaratan regulasi, misalnya biaya masuk kanal, biaya pemanduan kapal, persyaratan keselamatan, peralatan teknis, jumlah crew, statistik armada dan transportasi, asuransi dll.

Pada perhitungan *tonnage*, ruangan dibedakan menjadi 2 antara lain ruangan tertutup (*enclosed spaces*) dan *excluded spaces*. Ruangan tertutup (*enclosed spaces*) adalah semua ruangan yang dibatasi oleh badan kapal, atau oleh partisi atau sekat yang permanen atau portabel, atau oleh geladak atau penutupan yang tidak permanen, ruangan ini masuk dalam perhitungan. Sedangkan *excluded spaces* adalah ruangan yang tidak termasuk dalam perhitungan *volume enclosed spaces*, oleh karenanya tidak masuk dalam perhitungan *tonnage*.

Untuk perhitungan dan pengecekan tonase kapal, digunakan referensi ò*International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969*ò

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

Gross Tonnage (GT)

D = Depth moulded [m]

d = Moulded draft a midship [m]

V_U = Volume di bawah geladak cuaca [m^3]

$= \varphi\left(1.25\frac{D}{d} - 0.115\right) = 4432.539\ m^3$

V_H = Volume ruangan tertutup di atas geladak cuaca [m^3]

$= V_{ss} + V_{DH}$

$= 3085.362\ m^3$

V = Total volume ruang tertutup [m^3]

$= 7517.901\ m^3$

$K_1 = 0.2 + 0.02 \log_{10} V$

$= 0.278$

$GT = K_1 . V$

$= 0.278 \times 7517.901$

$= 2086.38$

Net Tonnage (NT)

Vc = Total volume ruang muat

= 5518.91

$K_2 = 0.2 + 0.02 \log_{10} Vc$

= 0.275

K_3 $= 1.25 \dfrac{\left(GT + 10^4\right)}{10^4}$

$= 1.511$

N_1 = Jumlah penumpang dalam kabin dimana tidak lebih 8 penumpang

$= 2$ orang

N_2 = Jumlah penumpang yang lain

= Jumlah crew

$N_1 + N_2$= total jumlah penumpang kapal yang diizinkan untuk dimuat, yang disebutkan dalam sertifikat.

NT $= K_2 . Vc . \left(\dfrac{4D}{3d}\right)^2 + K_3 . \left(\dfrac{N_1}{1} + \dfrac{N_2}{10}\right)$

$= 868.895$

Syarat-syarat:

$K_2 . Vc . \left(\dfrac{4d}{3D}\right)^2 \geq 0.25$ GT (**memenuhi**)

NT ≥ 0.30 GT (**memenuhi**)

V.5 Pembuatan Rencana Garis

Setelah didapatkan ukuran utama akhir dari hasil perhitungan, kemudian dilakukan pembuatan *Lines Plan*. *Lines Plan* merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan badan kapal dibawah garis air yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *sheer plan* (secara memanjang) dan *half breadth plan* (dilihat dari atas).

Ada berbagai cara membuat *Lines Plan*, salah satu cara yang diterapkan pada Tugas Akhir ini yaitu menggunakan metode literasi *sample design* dengan program *Maxsurf*. Sebagai langkah awal dipilih model kapal (*sample design*) yang sesuai dengan kapal yang di desain. Dari model kemudian dimasukkan ukuran yang diinginkan, maka bentuk garis baru telah didapatkan. Dari model kemudian dimasukkan ukuran yang diinginkan, maka bentuk garis baru telah didapatkan. Penggunaan metode ini harus memperhatikan beberapa aspek yaitu tipe kapal, Cb, dan Lcb. Rencana Garis yang akan dibuat tidak boleh memiliki nilai CB dan Lcb yang berbeda jauh dari desain awal. Kemudian dilakukan penentuan *zero point* pada kapal ini ditentukan pada *base line* di AP yang selanjutnya diaplikasikan ke *sample design*. Pada proses ini dilakukan juga penentuan sarat kapal dan panjang *perpendicular*.

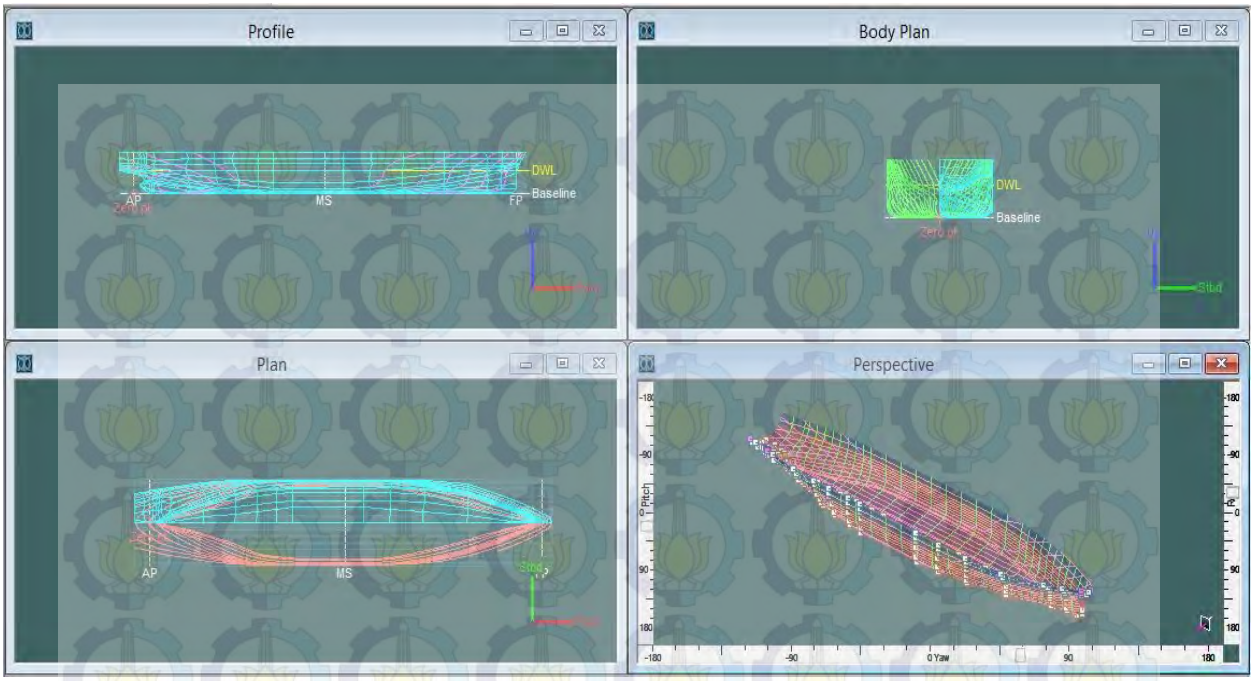
Gambar V.14 *Parametric Tranformations*
(Sumber: data software)

Gambar diatas adalah proses *parametric transformation*. Dengan memasukkan batasan yang sesuai perhitungan, maka *Maxsurf* akan menentukan bentuk kapal yang sesuai dengan perhitungan tersebut.

Pada gambar hasil *Maxsurf* tersebut terdapat point-point yang digunakan untuk menentukan bentuk *lines plan* kapal, *point-point* tersebut bisa di pindah-pindah sehingga bentuk lines plan dapat sesuai dengan yang diinginkan. Tetapi jika point-point tersebut di pindah maka nilai-nilai ukuran utama dan koefisien-koefisiennya akan berubah. Dalam *maxsurf* bisa melihat nilai-nilai ukuran utama dan koefisien-koefisien kapal setelah diubah.

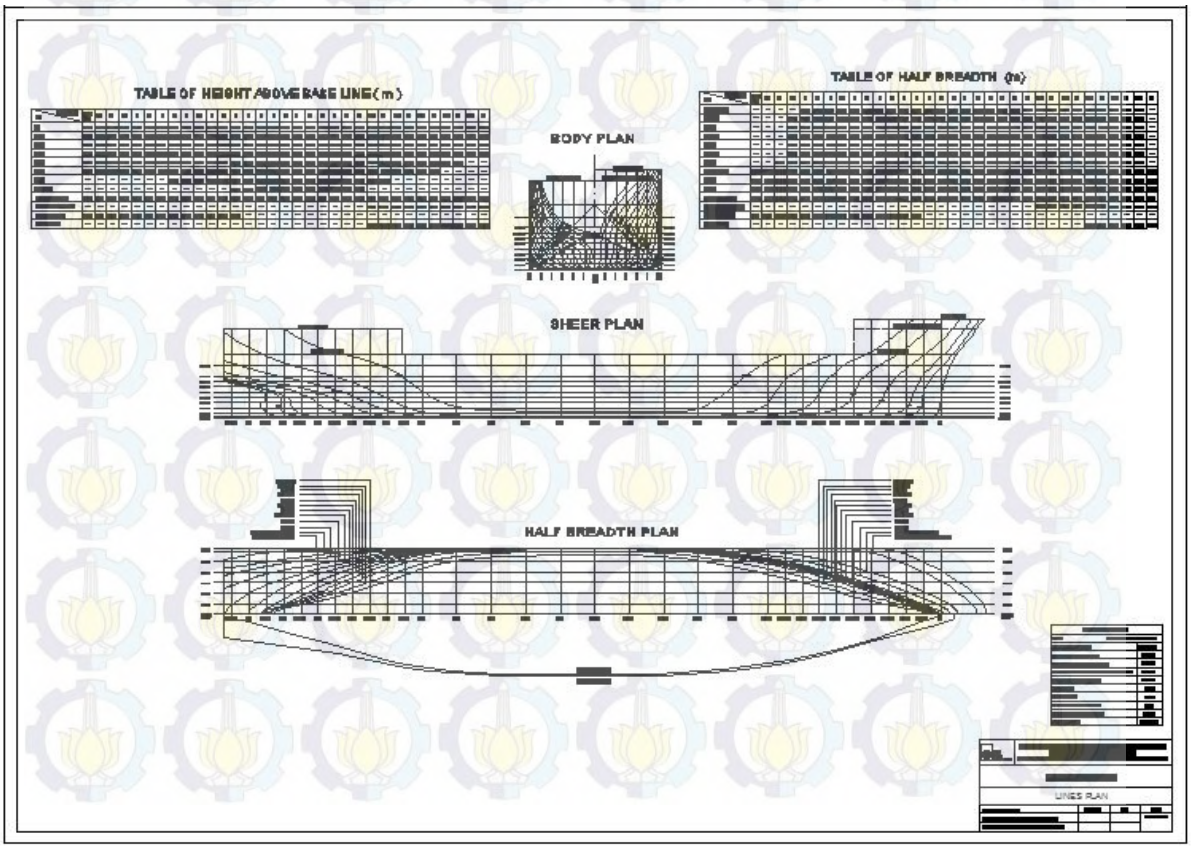
Penentuan jumlah *waterline, buttock line,* dan *station* ditentukan di *maxsurf*. Dengan memasukkan jumlah garis dan jarak antar garis pada *data-grid spacing*, maka bentuk *body plan, sheer plan,* dan *half breadth plan* bisa terlihat dengan jelas.

Setelah semua langkahï langkah tersebut dilaksanakan maka tampilan secara keseluruhan desain kapal dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar V.15 Pembuatan *Lines Plan* dengan *Maxsurf*
(Sumber: Data Olahan)

Setelah didapatkan lines plan dari model kapal yang diinginkan, kemudian dilakukan penyempurnan menggunakan *software* AutoCad. Menggambar *half breadth plan* dan *sheer plan* juga dibantu oleh kedua *software* tersebut. Berikut dilampirkan Rencana Garis pada gambar berikut



Gambar V.16 Rencana Garis Kapal

V.6 Pembuatan Rencana Umum

Rencana Umum / General Arrangement dalam ò*Ship Design and Cosntruction, Bab III*ò didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya: ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, superstructure (bangunan atas), dll.

Rencana Umum dibuat berdasarkan *lines plan* yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *lines plan* secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

Menurut ò*Ship Design and Construstion*ò, karakteristik Rencana Umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain :

a. Penentuan lokasi ruang utama
b. Penentuan batas-batas ruangan
c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

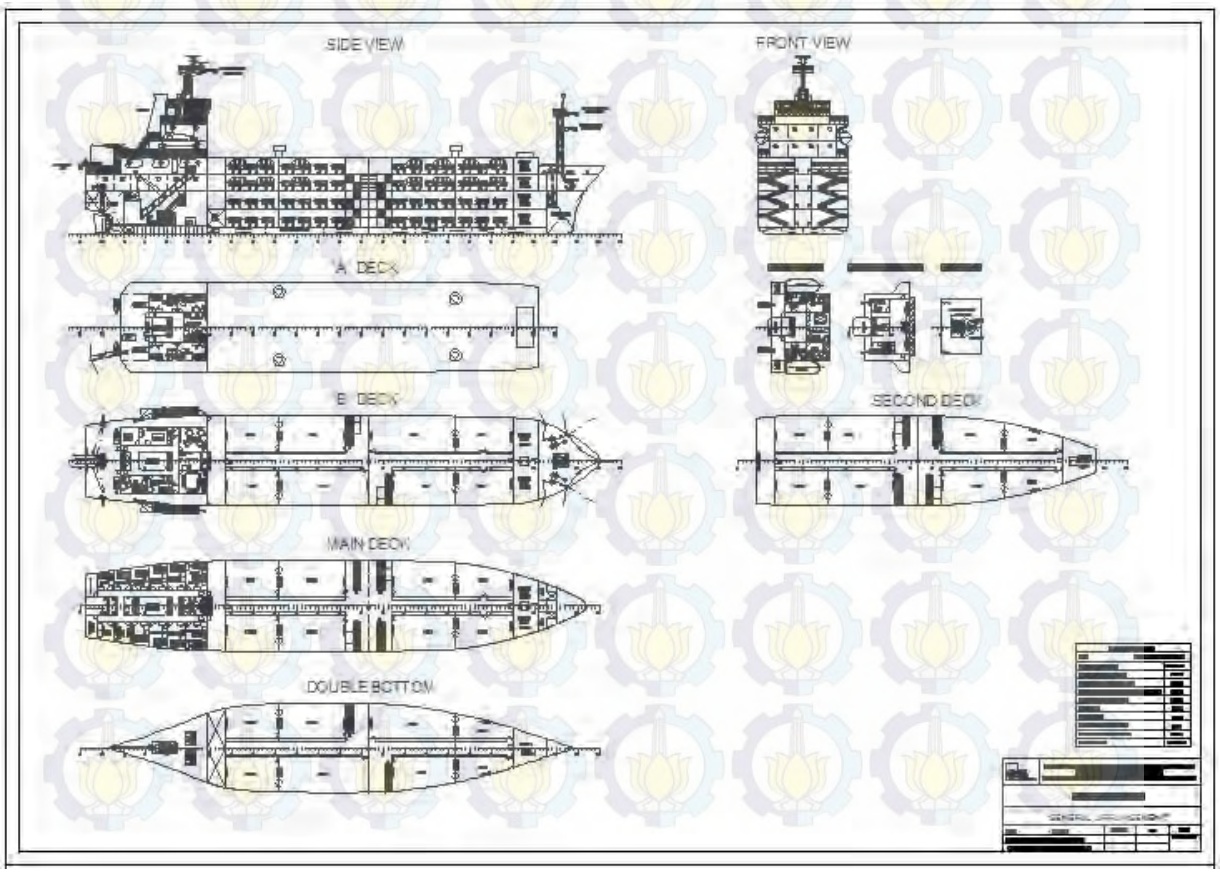
Langkah dalam menyelesaikan permasalahan Rencana Umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama yang dimaksud adalah :

a. Ruang Muat
b. Kamar mesin
c. Ruangan untuk crew dan penumpang
d. Tangki-tangki (bahan bakar, ballast, air tawar, dll)
e. Ruangan-ruangan lainnya

Penyusunan Rencana Umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data Rencana Umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan Rencana Umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

- Penentuan volume ruang muat berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang dimuat.
- Metode penyimpanan dan bongkar muat muatan.
- Penentuan volume ruangan untuk kamar mesin berdasarkan jenis dan dimensi mesin.
- Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah crew, penumpang dan akomodasi.
- Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar dan ballast berdasarkan jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.
- Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).
- Lines plan yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah semua langkah tersebut telah terpenuhi maka desain Rencana Umum dapat dibuat dan didetailkan sesuai dengan standar dan regulasi yang berlaku. Berikut dilampirkan gambar Rencana Umum.



Gambar V.17 Rencana Umum

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Setelah proses desain dari Tugas Akhir ini terselesaikan maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

- Dari hasil analisis yang telah dibuat, didapat *payload* untuk kapal khusus pengangkut sapi sebesar 480 ekor. Dengan rute pelayaran dari Pelabuhan Waingapu di Sumba Timur memuat ternak sapi sebanyak 120 ekor, kemudian menuju Pelabuhan Ende di Ende untuk memuat ternak sapi sebanyak 360 ekor. Kemudian seluruh ternak sapi dibawa menuju Pelabuhan Tenau di Kupang dengan total jarak tempuh pelayaran adalah 466 mil laut.
- Dari hasil perhitungan dan analisis, didapat ukuran utama kapal khusus pengangkut sapi di kawasan kepulauan Nusa Tenggara Timur (NTT) yaitu:

Lwl	:	68.12	m
Lpp	:	65.50	m
B	:	12.50	m
H	:	6.100	m
T	:	3.450	m
Displasemen	:	2115.62	ton

  Kapal khusus pengangkut sapi tersebut memenuhi persyaratan teknis dari pembangunan sebuah kapal yaitu batasan trim, *freeboard*, displasemen, dan stabilitas.
- Rencana Garis dan Rencana Umum dapat dilihat pada lampiran B dan C.

VI.2 Saran

Saran berisi tentang hal-hal yang dapat dikembangkan dari Tugas Akhir ini, yang nantinya dapat dijadikan sebagai judul untuk Tugas Akhir selanjutnya, serta kekurangan-kekurangan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

- Untuk penelitian selanjutnya perlu dikaji juga mengenai sistem konstruksi untuk kapal khusus pengangkut sapi ini.
- Dengan banyaknya estimasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini maka dapat dilanjutkan dengan pengerjaan lebih lanjut secara spesifik dalam konteks analisis ekonomis.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR PUSTAKA

Prakoso, Angger B. (2014) Tugas Akhir. *Desain Kapal Khusus Pengangkut Daging Sapi Rute Nusa Tenggara Timur (NTT) - Jakarta*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Fabiansa, Fahrul. (2010). Tugas Akhir. *Studi Sistem Sanitari Dan Ventilasi Pada Ruang Muat Kapal General Cargo Yang Telah Dikonversi Menjadi Livestock Vessel*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Paraya, Lutfi P. (2010). Tugas Akhir. *Analisa Ventilasi Pada Ruang Muat Kapal General Cargo Yang Telah Dikonversi Menjadi Livestock Vessel*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BKI. (2006). *Volume II. Rules For The Classification and Construction of Seagoing Steel Ship.* Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.

Evans, J.H. (1959). Basic Design Concepts. *Naval Engineers Journal, vol 71*.

Watson, D.G.M. 1998. *Practical Ship Design, Volume I*. Oxford, UK: Elsevier Science Ltd.

IMO. (2002). *International Convention of Load Lines 1966 and Protocol 1988.* International Maritime Organization.

Harvald, S.A. (1983). *Resistance and Propultion of Ships.* New York: John Wiley and Sons.

Lewis, E.W. (1989). *Principles of Naval Architecture Volume II.* Jersey City, USA: The Society of Naval Architects & Marine Engineers.

ILO. (1994). *International Labour Conference No.92, Convention Concerning Crew Accomodation on Board Ship (Revised 1949).* International Labour Organization.

Parsons, Michael G. (2001). *Parametric Design, Chapter 11*. University of Michigan: Department of Naval Architecture and Naval Engineering.

Panunggal, P. Eko. (2007). *Diktat Kuliah Merancang Kapal I.* Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan.

Schneekluth, H and V. Bertram. (1998) *Ship Design Efficiency and Economy, Second Edition*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

Ainsworth, Peter, Donovan, dkk. (2010). *Pedoman Pemberian Pakan Sapi Ternak Asia Tenggara*. Australia: Meat & Livestock Australia Ltd.

BPS NTT. (2014) Retrieved October 18, 2014, from BPS Provinsi NTT: http://bps.ntt.go.id

Output Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

L_{PP} = 65.500 m
B = 12.500 m
H = 6.100 m
T = 3.450 m
V_S = 11.000 knot
= 5.658 m/s

Perhitungan Froude Number

Fn = $Vs/\sqrt{(g \cdot Lpp)}$; g = 9.81 m/s^2
= 0.223 ; $0{,}15 \le Fn \le 0{,}3$

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	= 5.240	→	3.5 < L/B < 10	Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19
B/T	= 3.623	→	1.8 < B/T < 5	Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19
L/T	= 18.986	→	10 < L/T < 30	Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19
L/16	= 4.094	→	H > L/16	BKI Vol. II Tahun 2006

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

Parametric Ship Design hal. 11

$C_B = -4.22+27.8 \cdot \sqrt{Fn} - 39.1 \cdot Fn + 46.4 \cdot Fn^3$
= 0.703

2. Koefisien Luas Midship (Series '60)

Parametric Ship Design hal. 11 - 12

$C_M = 0.977+0.085 \cdot (CB-0.6)$
= 0.986

3. Koefisien Prismatik

$C_P = C_B/C_M$
= 0.713

4. Koefisien Bidang Garis Air

Parametric Ship Design hal. 11 - 16

$C_{WP} = 0.180+0.860 \cdot CP$
= 0.793

5. Panjang Garis Air

$L_{WL} = 104\% \cdot L_{PP}$
= 68.120

6. Longitudinal Center of Bouyancy

a. LCB (%)

LCB = -13.5+19.4 · Cp
= 0.328 % LCB

b. LCB dari M

LCB = (LCB (%))/100·LPP
= 0.2148 m dari M

c. LCB dari AP

$LCB = 0.5 \cdot L_{PP} - LCB_M$
= 32.535 m dari AP
= 32.965 m dari FP

7. Volume Displasemen

$\nabla = L \cdot B \cdot T \cdot C_B$
= 2064.023 m^3

8. Displasemen

$\Delta = \nabla \cdot \rho$
= 2115.624 ton

Perhitungan Hambatan

Ukuran Utama

L_{PP} = 65.500 m
L_{WL} = 68.120 m
B = 12.500 m
H = 6.100 m
T = 3.450 m
C_B = 0.703
C_M = 0.986
C_P = 0.713
C_{WP} = 0.793
Fn = 0.223
C_{stern} = 0
V_S = 5.6584 m/s

Perhitungan

1. Viscous Resistance

Rn = (Lwl.Vs)/(1.18831·(10)^(−6))
= 324368395

C_{FO} = Koefisien Tahanan Gesek
= 0.075/(((LogRn−2))^2)
= 0.001769

C = $1 + (0.11 \cdot C_{stern})$
= 1

L_R/L = ((1−Cp)+(0.06·Cp·LCB))/((4·Cp)−1)
= 0.163

L_{WL}^3 = (Lwl)^3/(Lpp·B·T·Cb)
= 159.273

$1+k_1$ = $0.93+0.4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1.0681} \cdot (T/L)^{0.4611} \cdot (L/L_R)^{0.1216} \cdot (Lwl)^3/V)^{0.3649} \cdot (1-Cp)^{-0.6042}$
= 1.290

2. Resistance Appendages

Wetted Surface Area

A_{BT} = 0 ; tanpa bulbous bow

S = $L_{wl}(2T+B) \cdot \sqrt{C_m} \cdot (0.453+0.4425 \cdot C_b - 0.2862 \cdot C_m - 0.003467 \cdot (B/T) + 0.3696 \cdot C_{wp}) + 2.38 \cdot (A_{BT}/C_b)$
= 1000.206

S_{rudder} = (C1·C2·C3·C4·1.75·Lpp·T/100) *BKI Vol. II hal 14-1*
= 7.909

$S_{bilgekeel}$ = 4·(0.6·Cb·Lpp)·(0.18/(Cb−0.2))
= 39.556

S_{app} = $S_{rudder} + S_{bilgekeel}$
= 47.465

S_{total} = $S + S_{app}$
= 1047.670

1 + k = $(1.5 \cdot S_{rudder} + 1.4 \cdot S_{bilgekeel})/(S_{rudder} + S_{bilgekeel})$
= 1.417

1 + k = $(1+k1) + ((1+k2) - (1+k1)) \cdot S_{app}/S_{total}$
= 1.296

3. Wave Making Resistance

B/L_{WL} = 0.183

C_4 = 0.183 ; karena $0.11 < B/L_{WL} \leq 0.25$

Ta = 3.450 m

Tf = 3.450 m

iE = $125.67 \cdot (B/L_{wl}) - 162.25 \cdot C_p^2 + 234.32 \cdot C_p^3 + 0.1551 \cdot [LCB_{AP} + (6.8((Ta-Tf)/T))^3$

= 30.530

d = -0.9 ; Principle of Naval Architecture

C_1 = $2223105 \cdot (C4)^{3.7861} \cdot ((T/B)^{1.0796}) \cdot (90 - iE)^{(-1.3757)}$

= 3.270

$\nabla^{1/3}/Lwl$ = 0.186908996

C_5 = $8.0798 \cdot C_P - 13.8673 \cdot C_P^2 + 6.9844 \cdot C_P^4$

untuk $C_P \leq 0.8$

= 1.243

m_1 = $0.01404 \cdot (Lwl/T) - 1.7525 \cdot (\nabla^{1/3}/LWL) - 4.7932 \cdot (B/Lwl) - C5$

= -2.172924797

λ = $1.446 \cdot Cp - 0.03 \cdot (L/B)$; untuk $L/B \leq 12$

= 0.867194515

C_6 = -1.69385 ; untuk $L_{WL}^3/V \leq 512$

m_2 = $C6 \cdot 0.4 \cdot e^{(-0.034 \cdot Fn^{(-3.29)})}$

= -0.006028105

A_{BT} = 0 ; tanpa bulbous bow

r_B = $0.56 \cdot \sqrt{(ABT)}$

= 0

h_B = 0

i = $Tf - hB - 0.4464 \cdot rB$

= 3.45

C_2 = 1

A_T = 0

C_3 = $1 - (0.8 \cdot AT)/(B \cdot T \cdot Cm)$

= 1

R_W/W = $C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot e^{(m1 \cdot Fn^d + m2 \cdot \cos(\lambda \cdot Fn)^{-2})}$

= 0.000750467

C_A = $0.006 \cdot (Lwl+100)^{(-0.16)} - 0.00205$

= 0.000592726

W = $D \cdot g$

= 20754.3 N

R_{total} = $0.5 \cdot 1025 \cdot (Vs)^2 \cdot Stotal \cdot (C_{F0} \cdot (1+k) + C_A + (RW/W \cdot W)$

= 49605.73901 N

= 49.60573901 kN

R_{total} + Margin 15% R_{total}

= 57.04659987 kN

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

L_{WL} = 68.120 m
T = 3.450 m
C_B = 0.703
R_T = 57.047 kN
D = 2.156 m ; *Diameter (0.6 s.d. 0.65) T*
n_{rpm} = 150 rpm
n_{rps} = 2.500 rps
P/D = 1 ; *Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)*
z = 4 blade ; *Jumlah Blade*
A_E/A_0 = 0.4 ; *Expanded Area Ratio*

Perhitungan Awal

1+k = 1.29598
C_F = 0.075/((log_10 Rn−2))^2
= 0.00177
C_A = 0.0006
C_V = (1+k)·CF+ CA
= 0.00289
w = 0.3·Cb+10·C_V·Cb−0.1
= 0.13105
t = 0.1 ; *Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163*
V_a = Speed of Advance
= Vs·(1−w)
= 4.917

Effective Horse Power (EHP)

P_E = R_T·Vs
= 322.792 kW

Thrust Horse Power

PT = P_E·((1−w))/((1−t))
= 311.654 kW

Propulsive Coefficient Calculation

η_H = Hull Efficiency
= ((1−t))/((1−w))
= 1.036

η_O = Open Water Test Propeller Efficiency
= (J/(2·n))·(KT/KQ) ; *Wageningen B-Series*
= 0.5

η_r = Rotative Efficiency *; Ship Resistance and Propultion*
= 0.95 *Modul 7 hal. 2*

η_D = Quasi-Propulsive Coefficient
= $\eta H \cdot \eta O \cdot \eta r$
= 0.492

PD = Delivered Power at Propeller
= PE/ηD
= 656.114 kW

Shaft Horse Power

η_S = Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)
= 0.98 *; untuk mesin di after*
PS = Shaft Power
= PD/ηS
= 669.505 kW

Brake Horse Power Calculation (BHP)

η_R = Reduction Gear Efficiency
= 0.97
PB_0 = Brake Horse Power (BHP_0)
= PS/ηR
= 690.211 kW

Koreksi MCR = $15\% \cdot P_{B0}$
PB = $(115\% \cdot P_{B0}$ = BHP
BHP = 793.743 kW
= $793.743 \cdot 1.3596$ HP
= 1079.172 HP

Penentuan Mesin Utama

MCR Mesin

BHP = 793.74254 kW
= 1079.1724 HP

Mesin

Merk = YANMAR
Type = 6EY22AW

Daya Mesin yang digunakan

Daya = 885 kW
= 1125 HP

Konsumsi Fuel Oil

= 174 g/kWh
= 128 g/BHPh

Konsumsi Lubricating Oil

System Oil = 13.5 kg/24h
Cylinder Oil = 14.4 g/kWh
= 10.8 g/BHPh

Spesifikasi Mesin

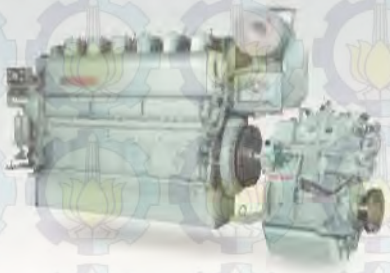
Series	Models	Output (kW) / Engine Speed (min⁻¹)	Gear	Dimensions (mm) A	A1	A2	A3	B	C	D	E	F	G
6EY17W	6EY17W	374 480 560	YXH-500	2908	2410	2154	615	1305	1813	620	682	349	1300
			YXH-500L	3091	2410	2154	794	1305	1813	620	682	429	1300
		749 837	YXH-500	2908	2410	2154	615	1305	1882	620	682	349	1300
			YXH-500L	3091	2410	2154	794	1305	1882	620	682	429	1300
6EY22AW	6EY22AW	885	YX-1000	4574	3647	2965	1488	1618	2416	666	885	435	1922
			YX-1000C	4687	3647	2965	1601	1618	2416	666	450	-	1922
		1090	YX-1000	4603	3647	2965	1517	1618	2416	666	885	435	1922
			YX-1000C	4638	3647	2965	1550	1618	2416	666	450	-	1922
		1180 1330 1370	YXH-2000	4810	3647	2965	1807	1618	2416	666	1145	590	1922
			YXH-2000C	4960	3647	2965	1957	1618	2416	666	555	-	1922

Ukuran Dimensional Mesin

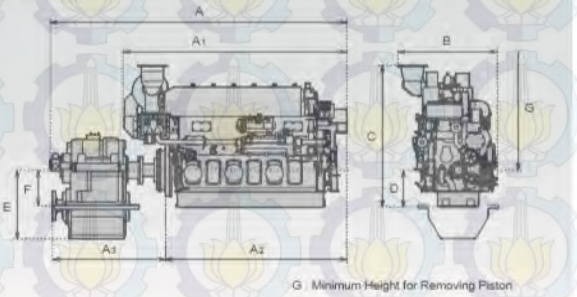
Marine Propulsion Diesel Engine

6EY22AW

• Power : 885~1370kW



Dimensions



G : Minimum Height for Removing Piston

The photograph and outline may differ depending upon the specifications and attached accessories

Specifications

Engine Model		6EY22AW				
No. of Cylinders		6				
Cylinder Bore×Stroke	mm	220×320				
Rated Output	kW(PS)	885 (1203)	1030 (1400)	1180 (1604)	1330 (1808)	1370 (1863)
Engine Speed	min⁻¹	900				
Dry Weight	kg	10000				
Propeller Type		for F.P.P.				
Marine Gear Model	Offset	YX-1000		YXH-2000		
	Co-Axial	YX-1000C		YXH-2000C		
Reduction Gear Ratio (Ahead)	Offset	2.03, 2.36, 2.78, 3.32		2.23, 2.58, 2.79, 3.03		
	Co-Axial	2.03, 2.36, 2.78, 3.32		2.23, 2.58, 2.79, 3.03		
Marine Gear Dry Weight	Offset	2400		4750		
kg	Co-Axial	2565		5050		
Total Dry Weight with Marine Gear	Offset	12505	12556	14861		
kg	Co-Axial	12670	12721	15161		

Series	Models	Output (kW) / Engine Speed (min⁻¹)	Gear	Dimensions (mm)	A	A1	A2	A3	B	C	D	E	F	G
6EY22AW	6EY22AW	885	YX-1000		4574	3647	2965	1439	1618	2416	666	895	435	1922
			YX-1000C		4637	3647	2965	1601	1618	2416	666	450	-	1922
		1030	YX-1000		4603	3647	2965	1517	1618	2416	666	895	435	1922
			YX-1000C		4636	3647	2965	1550	1618	2416	666	450	-	1922
		1180 1330 1370	YXH-2000		4810	3647	2965	1807	1618	2416	666	1145	590	1922
			YXH-2000C		4960	3647	2965	1957	1618	2416	666	565	-	1922

A	=	4687 mm	**Pemilihan Mesin Induk :**		
A1	=	3647 mm	Daya [kW]		
A2	=	2965 mm	RPM	=	212 rpm
A3	=	1601 mm	L	=	4687 mm
B	=	1618 mm	W	=	1618 mm
C	=	2416 mm	H	=	2588 mm
D	=	666 mm	Dry mass	=	12.67 ton
E	=	450 mm			
F	=	435 mm			
G	=	1922 mm			

Generator Set

Daya Genset = 40% Engine

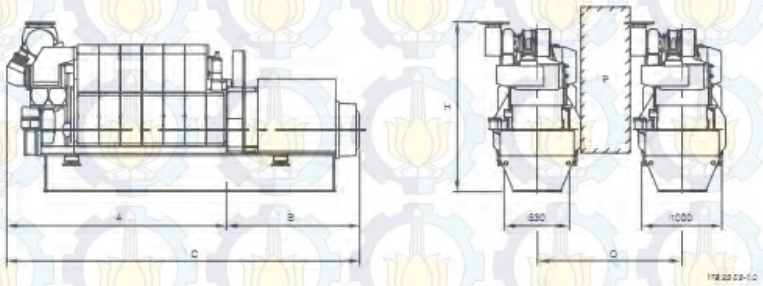
= 317.49702 kW

Alternative types and layouts of shaft generators		Design	Seating	Total efficiency (%)
PTO/RCF	1a 1b	BW II/RCF	On tank top	88-91
	2a 2b	BW IV/RCF	On tank top	88-91

L16/24 GenSet Data

Bore: 160 mm — Stroke: 240 mm

	Power layout			
	1,200 r/min	60 Hz	1,000 r/min	50 Hz
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	760	722
9L16/24	990	940	855	812



No. of Cyls.	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	**Dry weight GenSet (t)
5 (1,000 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,457	9.5
5 (1,200 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,457	9.5
6 (1,000 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,457	10.5
6 (1,200 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,457	10.5
7 (1,000 r/min)	3,501	1,585	5,086	2,457	11.4
7 (1,200 r/min)	3,501	1,585	5,086	2,457	11.4
8 (1,000 r/min)	3,776	1,680	5,456	2,495	12.4
8 (1,200 r/min)	3,776	1,680	5,456	2,457	12.4
9 (1,000 r/min)	4,151	1,680	5,731	2,495	13.1
9 (1,200 r/min)	4,151	1,680	5,731	2,495	13.1

Pemilihan Genset

Daya	= 430	kW
W	= 1000	mm
L	= 2751	mm
H	= 2457	mm
Dry mass	= 9.5	ton

Perhitungan Berat Permesinan

Ref : Parmetric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan

Input Data

MCR mesin induk	=	794	kW	
MCR genset	=	317	kW	
N	=	250	RPM	
Cm	=	0.83	; passengers and ferries	
hdb	=	1.07	m	tinggi double bottom di kamar mesin
D'	=	5.03	m	tinggi kamar mesin

Berat Permesinan

W_{ME} = Σ 12.(MCR/N)$^{0.84}$

= 12 . (794/ 250)^0.84

= 31.67 ton

Lap =	3000	mm
Lkm =	11400	mm
Lshaft =	3000	mm

W_{rem} = Cm . (MCR)$^{0.72}$

= 1 . (317)^0.72

= 52.52 ton

Jadi ,

W = W_{ME} + W_{rem}

= 32 + 53

= 84.1903 ton

Titik Berat Permesinan

VCG_M = hdb + 0.35 (D' - hdb)

VCG_M = 1.1 + 0.35.(5 - 1.1)

= 2.456 m dari baseline

LCG_M = 8.85 m dari AP

= 56.65 m dari FP

Perhitungan Berat Baja

Watson and Gilfilan

Ref : Parmetric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan

Input Data

L	=	65.50 m
B	=	12.50 m
H	=	6.10 m
T	=	3.45 m
K	=	0.04
C_B	=	0.703

Ship type	K mean	K range	Range of E
Tankers	0.032	±0.003	1500 < E < 40000
chemical tankers	0.036	±0.001	1900 < E < 2500
bulk carriers	0.031	±0.002	3000 < E < 15000
container ships	0.036	±0.003	6000 < E < 13000
cargo	0.033	±0.004	2000 < E < 7000
refrigerator ships	0.034	±0.002	4000 < E < 6000
coasters	0.030	±0.002	1000 < E < 2000
offshore supply	0.045	±0.005	800 < E < 1300
tugs	0.044	±0.002	350 < E < 450
fishing trawlers	0.041	±0.001	250 < E < 1300
research vessels	0.045	±0.002	1350 < E < 1500
RO-RO ferries	0.031	±0.006	2000 < E < 5000
passenger ships	0.038	±0.001	5000 < E < 15000
frigates/corvettes	0.023		

E = $E_{hull} + E_{SS} + E_{dh}$

= L (B+T) + 0.85L (D - T)+ 0.85 ẽ ăi.hi + 0.75 ẽ ăj.hj

E_{hull} = L (B+T) + 0.85L (D - T)

= 65.50 (12.50 + 3.45) + 0.85 . 65.50 (6.10 - 3.45)

= 1192.264

E_{SS} = 0.85 Σℓi.hi

Poop	ăi =	16.85	m
	hi =	2.4	m
Forecastle	ăi =	8.5	m
	hi =	2.3	m

Untuk Ternak direncanakan 2 tingkat :

Lantai 1	ăi =	46	m
	hi =	2.3	m
Lantai 2	ăi =	46	m
	hi =	2.3	m

= 244.431

E_{dh} = 0.75 Σℓj.hj

Deckhouse	ăj =	12	m
	hj =	2.3	m
Deckhouse	ăj =	8	m
	hj =	2.3	m
Deckhouse	ăj =	6.45	m
	hj =	2.3	m
Deckhouse	ăj =	5.9	m
	hj =	2.3	m

= 59.52

E = 1192.26 + 244.43 + 59.52)

= 1496.219

W_s = W_s (E)

= $K \cdot E^{1.36}$ $(1 + 0.5(C_B' - 0.70))$

C_B' = $C_B + (1 - C_B)((0.8D - T)/3T)$

C_B' = 0.703 + (1 - 0.703) . ((0.8 . 6.10 - 3.45) / 3*3.45)

C_B' = 0.74369

= 0.040 . 1496.219^1.36 . (1+0.5(0.744 - 0.70))

= 850.040 ton

Koreksi

Bulkhead Construcsion = 21 ton
(2.5% Ws)

Engine Foundation = 2.9 ton
27Pb / (n+250)(15+Pb/1000)

Double Bottom = 63 ton

Hdb = 1.1
Cdb = 0.1
Vdb = 633.04

Berat Total Baja 937.531 ton

Titik Berat Baja

VCG_{hull} = (58.3-0.517*(0.824-Cbd)*(L/H)^2)*Ds*0.01 L ≤120 m Cbd = 0.7

= (58.3 - 0.517 . (0.82 - 0.70) . (65.50/6.10)^2) . 7.35 . 0.01) Ds = 7.35

= 3.742 m dari baseline

LCG_{hull} = - 0.15 + LCB

= **0.065** m dari Midship

Perhitungan *Consumable* dan Kru

Ref : Parmetric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan

Input Data

L	=	65.500 m	S	=	466 mil ; *Jarak Pelayaran*
B	=	12.500 m	BHP	=	793.743 kW
H	=	6.100 m		=	1079.2 HP
T	=	3.450 m			
V_S	=	5.658 m/s			
	=	12.630 mil/jam			

Jumlah & Berat Crew

C_{st}	=	1.2	; *Coef. Steward (1.2 ~ 1.33)*
C_{dk}	=	11.5	; *Coef. Deck (11.5 ~ 14.5)*
C_{eng}	=	8.5	; *Coef. Engine (8.5 ~ 11 untuk diesel)*
cadet	=	2	; *Umumnya 2 orang*

$Z_c = Cst \cdot Cdk \cdot ((LPP \cdot B \cdot H \cdot 35)/10^5)^{1/6} + Ceng \cdot (BHP/10^5)^{1/3} + cadet$

= 19 orang

= 22 orang

$C_{C\&E}$ = 0.17 ton/orang ; *asumsi berat rata-rata manusia*

$W_{C\&E}$ = Berat Kru Total

$= Z_c \cdot C_{c\&e}$

= 3.74 ton

Fuel Oil

SFR	=	0.00017	ton/kW h
MCR	=	793.743	kW
Margin	=	10%	; *(5% ~ 10%)*

$W_{FO'} = SFR \cdot MCR \cdot S/Vs \cdot (1+Margin)$

= 5.606 ton

$W_{FO} = (W_{FO'} + 4\% \cdot W_{FO'})/\pi$; *Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk*

= 6.137 ton *konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan π = 0.95*

Lubricating Oil

SFR	=	1.4E-05	ton/kW ; *dari data mesin (diambil yang terbesar)*
MCR	=	793.743	kW
Margin	=	10%	; *(5% ~ 10%)*

$W_{LO'} = SFR \cdot MCR \cdot S/Vs \cdot (1+Margin)$

= 0.464 ton

$W_{LO''} = (WLO' + 4\% \cdot WLO')/\pi$; *Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk*

= 0.536 ton *konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan π = 0.9*

Perhitungan Tambahan Lubricating Oil System ($W_{LO''+}$)

Lama Berlayar 36.898 jam

SFR_+ = 0.00056 ton/jam

$W_{LO''+}$ = 0.02075 ton ; *SFR+* · Lama Berlayar

$W_{LO} = W_{LO''+} W_{LO''+}$; *Ada penambahan dari Lubricating Oil system*

= 0.557 ton

Diesel Oil

C_{DO} = 0.15 *; Diktat IGM Santosa hal. 38 (0.1 ~ 0.2)*

$W_{DO'}$ = $W_{FO} \cdot C_{DO}$

= 0.920 ton

W_{DO} = $(WDO'+2\%\cdot WDO')/\pi$ *; Diktat IGM Santosa penambahan 2% untuk koreksi dan π = 0.85*

= 1.105 ton

Fresh Water

C_{w1} = 220 kg/orang hari *; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru*

= 0.0092 ton/orang jam

C_{w2} = 0.005 ton/HP *; Koef. air tawar untuk pendingin mesin*

C_{w3} = 50 kg/sapi hari

= 0.002083 ton/sapi jam

W_{FW1} = $C_{w1}\cdot S/Vs\cdot Zc$ *; Berat air tawar untuk mandi, cuci, minum*

= 7.441015 ton

W_{FW2} = $C_{w2} \cdot BHP$ *; Berat air tawar untuk pendingin mesin*

= 5.396 ton

W_{FW3} = C_{w3} . S/Vs . Jumlah Sapi

= 36.8976 ton

$W_{FW\ total}$ = $(W_{FW1} + W_{FW2}) \cdot 3.5$

= 174.071 ton

W_{FW} = $W_{FW\ total} + 2\% \cdot W_{FW\ total}$ *; terdapat penambahan koreksi 2%*

= 177.552 ton

Provision & Store

$C_{PRorang}$ = 5 kg/orang har *; Koef. Provision & Store*

= 0.0002 ton/ orang jam

W_{PR} = $C_p\cdot S/Vs\cdot Zc$ *; Berat Provision & Store*

= 0.169 ton

W_{PR} = 0.169 ton

Total Berat *Consumable and Crew* (W_{cons})

= $\mathbf{W_{LO} + W_{PR} + W_{FW} + W_{DO} + W_{FO}}$

= **185.519 ton**

PERENCANAAN DIMENSI TANGKI

1	Minyak Pelumas	Panjang =	1.2	m	2 jarak gading
		Tinggi =	1.56	m	
		Lebar =	0.33050	m	
		Berat =	0.55683	ton	
		Density =	0.9	ton/m^3	
		Volume =	0.61870	m^3	
2	Air Tawar	Panjang =	2.4	m	4 jarak gading
		Tinggi =	6.1	m	
		Lebar =	12.128	m	
		Berat =	177.552	ton	
		Density =	1	ton/m^3	
		Volume =	177.552	m^3	
3	Minyak Mesin Bantu	Panjang =	1.2	m	2 jarak gading
		Tinggi =	1.56	m	
		Lebar =	0.694	m	
		Berat =	1.1046	ton	
		Density =	0.85	ton/m^3	
		Volume =	1.2995	m^3	
4	Bahan Bakar	Panjang =	2.4	m	4 jarak gading
		Tinggi =	1.56	m	
		Lebar =	1.725	m	
		Berat =	6.1366	ton	
		Density =	0.95	ton/m^3	
		Volume =	6.4596	m^3	

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ref : Parmetric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan

Input Data

L_{PP} = 65.5 m
B = 12.5 m
H = 6.1 m
Co = 0.5 (Outfit weight coefficient)

Berat E & O

W_O = Co . L . B
= 0.50 . 65.50 . 12.50
= 409.375 ton

Titik Berat E & O

VCG_o = D + 1.25
= 6.10 + 1.25
= 7.350

LCG_o = (25%.Wo at LCGM, 37.5% Wo at LCGdh, dan 37.5% at LCG amidship)

25 % Wo	=	102.344	ton	at	8.850	m dari AP
37.5 % Wo	=	153.516	ton	at	9.27	m dari AP
37.5 % Wo	=	153.516	ton	at	32.75	m dari AP

$LCG_{E\&O} = (25\%\cdot W_{E\&O})\cdot LCG_M + (37.5\%\cdot W_{E\&O})\cdot LCG_{DH} + ((37.5\%\cdot W_{E\&O})\cdot LCG_{Other})/W_{E\&O}$

= **17.968 m dari AP**
= **47.532 m dari FP**

Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

Berat Baja

W_{ST} = 937.531

KG_{ST} = 3.742 m

LCG_{ST} = 32.815 m *; dari FP*

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$W_{E\&O}$ = 409.375

$KG_{E\&O}$ = 7.350 m

$LCG_{E\&O}$ = 47.532 m *; dari FP*

Berat Permesinan

W_{M} = 84.190

KG_{M} = 2.456 m

$_{LCGM}$ = 56.650 m *; dari FP*

Berat *Consumable*

W_{cons} = 185.519

KG_{cons} = 3.64 m

LCG_{cons} = 53.50 m *; dari FP*

Berat *Payload*

$W_{payload}$ = 364.80

$KG_{payload}$ = $(H - h_{DB}) \cdot 0.5 + h_{DB}$

= 3.600 m

$LCG_{payload}$ = $(0.5 \cdot L_{RM}) + L_{CH}$

= 28.000 m *; dari FP*

Berat LWT

LWT = $W_{ST} + W_{E\&O} + W_{M}$

= 1431.097 ton

= 1488.341 ton

Berat Total

W = $LWT + W_{cons} + W_{payload}$

= **1981.416 ton**

KG Total

$$KG = \frac{(W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{(E\&O)} \cdot KG_{(E\&O)} + W_{M} \cdot KG_{M} + W_{cons} \cdot KG_{cons} + W_{payload} \cdot KG_{payload})}{(W_{ST} + W_{(E\&O)} + W_{M} + W_{cons}}$$

= **4.397 m**

LCG Total dari FP

$$LCG = \frac{(W_{ST} \cdot LCG_{ST} + W_{(E\&O)} \cdot LCG_{(E\&O)+} W_{M} \cdot LCG_{M} + W_{cons} \cdot LCG_{cons} + W_{payload} \cdot LCG_{payload})}{(W_{ST} + W_{(E\&O)} + W_{M} + W_{cons}}$$

= **33.030 m**

Perbandingan Gaya Berat dan Gaya Angkat

Pada kondisi full load

1. Gaya Berat

1. LWT	=	1488.34	ton
2. DWT	=	550.32	ton
LWT + DWT	=	2038.660	ton

2. Gaya angkat

ƶ	=	2115.624	ton

3. Selisih	=	76.96	ton
		3.6%	

Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

L_{PP} = 65.5 m
B = 12.5 m
T = 3.45 m
C_M = 0.985721
C_B = 0.702604
C_{WP} = 0.792992
∇ = 2064.023 m^3
KG = 4.397276 m
$LCG_{LWT\ FP}$ = 33.02996 m
$LCB_{\ dari\ FP}$ = 32.96482 m

Sifat Hidrostatik

KB/T = $0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$
Parametric Ship Design hal. 11 - 18
= 0.534
KB = 1.842 m
C_I = $0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041$
Transverse Inertia Coefficient
Parametric Ship Design hal. 11 - 19
= 0.055
I_T = $C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3$
= 7090.87 m^4
BM_T = I_T / ∇ *; jarak B dan M secara melintang*
= 3.435461 m
C_{IL} = $0.350 \cdot C_{WP}^{\ 2} - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$
Longitudinal Inertia Coefficient
= 0.045
I_L = $C_{IL} \cdot L_{PP}^{\ 3} \cdot B$
= 157826.5 m^4
BM_L = I_L / ∇ *; jarak B dan M secara melintang*
= 76.465 m
4. GM_L = KB + BM_L - KG
= 73.911
5. Trim = ((LCG—LCB)·LPP)/GML *; Parametric Ship Design hal 11 - 27*
= 0.058 m
Kondisi Trim **Trim Buritan**
6. Batasan Trim
Δ (LCG - LCB)
= 0.0651
0.1%· L_{PP} = 0.0655
Kondisi Batasan Trim
Diterima

Perhitungan Lambung Timbul

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

H = 6.1 m

d = 0.85 · H

= 5.185 m

$L_{1\,(1)}$ = 96% · $LWL_{0.85D}$

= 60.54

$L_{1\,(2)}$ = L_{PP}

= 65.5 m

L_1 = 65.5 m *; L_1 diambil yang terbesar*

B = 12.5 m

C_B = ∇/(L1·B·d)

= 0.4862

ℓ_{st} = 65.5 m *; panjang superstruktur*

Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

Tipe = B

Lambung Timbul Standar (F_b)

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Table 28.2

L_1 (m) ⇨ F_b (mm)

65 ⇨ 644

66 ⇨ 659

interpolasi

65.5 ⇨ 651.5 mm

⇨ 0.652 m

Koreksi

1. L *; 24 < L_{PP} < 100* 35%L 22.925 m

= -168.19

2. C_B *; C_B > 0.68*

F_{b2} = Fb·(CB+0.68)/1.36

= 662.518 mm

3. Depth (D)

L/15 = 4.367 *untuk L < 120m ; R = L/0.48*

R = 136.458 *untuk L > 120m ; R = 250*

F_{b3} = 899.046 mm *jika, D < L/15 ; tidak ada koreksi*

jika, D > L/15 ; Fb_3 = Fb_2 + (R(H-(L/15)))

Koreksi Bangunan Atas

1. Superstruktur

L_1 (m)	⇨	h_{st} (m)	
30	⇨	1.8	
75	⇨	1.8	
interpolasi			
65.5	⇨	1.8	m
t_{st}	=	2.3	m

karena $t_{FC} > h_{st}$ maka

E_{st}	=	S_{st}	
	=	65.5	m
	=	1.000	· L

Pengurangan Akibat Bangunan Atas

L_1 (m)	⇨	h_{st} (m)	
24	⇨	350	*; regulation 37*
85	⇨	860	
65.5	=	696.967	
Pengurangan	=	696.9672	mm
	=	0.696967	m

Total Lambung Timbul

F_b'	=	696.409	mm
	=	0.69641	m

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

$C_{B\,min}$	=	0.69	
C_B	=	0.4862	
B_{WM}	$= 56 \cdot L_1 \cdot (1-L_1/500) \cdot (1.36/(C_B+0.68))$		
	=	3717.194	mm
	=	3.717	m

Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

1. Lambung Timbul Sebenarnya

F_{ba}	=	H - T	
	=	2.65	m
Kondisi	=	**Diterima**	

2. Ketinggian Bow

Bow Height	=	$F_{ba} + T_{ST}$	
	=	4.950	m

Ketinggian Bow harus lebih besar dari Ketinggian Bow Minimum

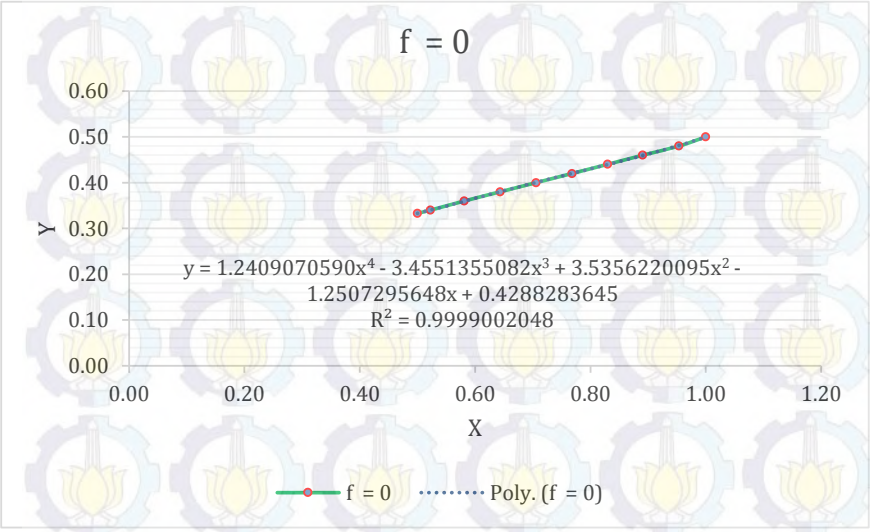
Kondisi = Diterima

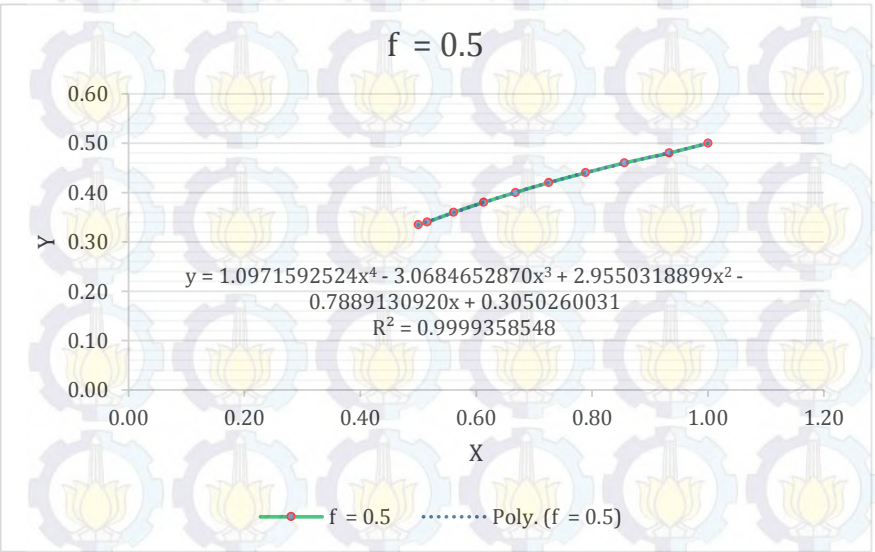
Regresi Kurva Faktor h dan Faktor CI

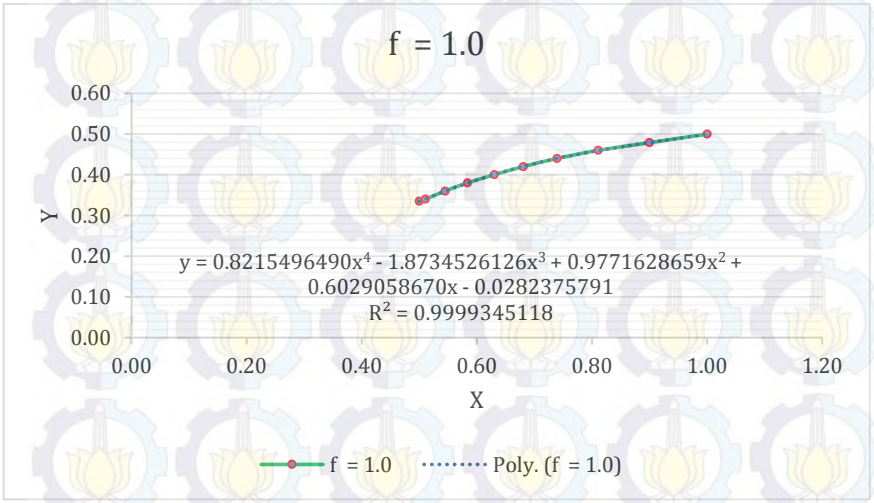
Regresi Kurva Faktor h

X = Cpv
Y = faktor h

f = 0		f = 0.5		f = 1.0	
X	Y	X	Y	X	Y
0.500	0.333	0.500	0.335	0.5000	0.3351
0.522	0.340	0.516	0.340	0.5106	0.34
0.581	0.360	0.561	0.360	0.5447	0.36
0.643	0.380	0.613	0.380	0.5838	0.38
0.706	0.400	0.668	0.400	0.6302	0.40
0.768	0.420	0.725	0.420	0.6804	0.42
0.830	0.440	0.789	0.440	0.7393	0.44
0.891	0.460	0.856	0.460	0.8109	0.46
0.954	0.480	0.933	0.480	0.9000	0.48
1.000	0.500	1.000	0.500	1.0000	0.50







Hasil Regresi Kurva Faktor h

1. f=0

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a = 1.2409
b = -3.4551
c = 3.5356
d = -1.2507
e = 0.4288

2. f = 0.5

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a = 1.0972
b = -3.0685
c = 2.9550
d = -0.7889
e = 0.3050

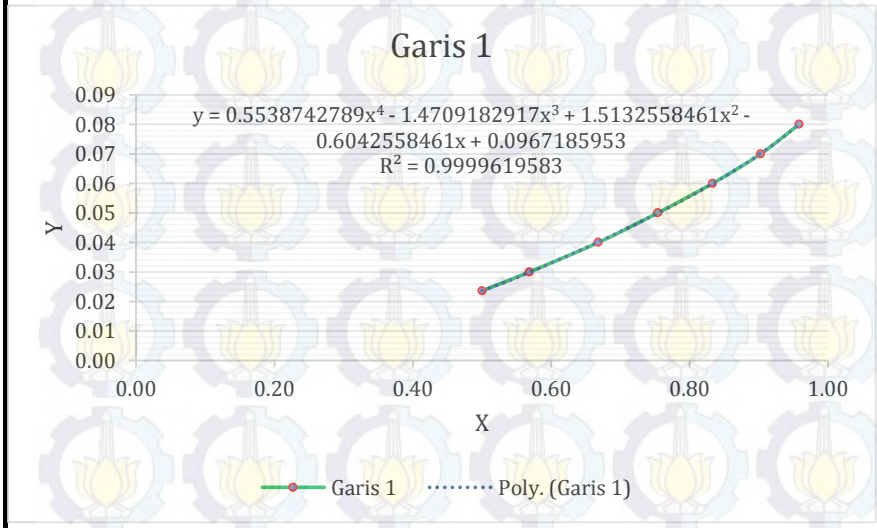
3. f = 1.0

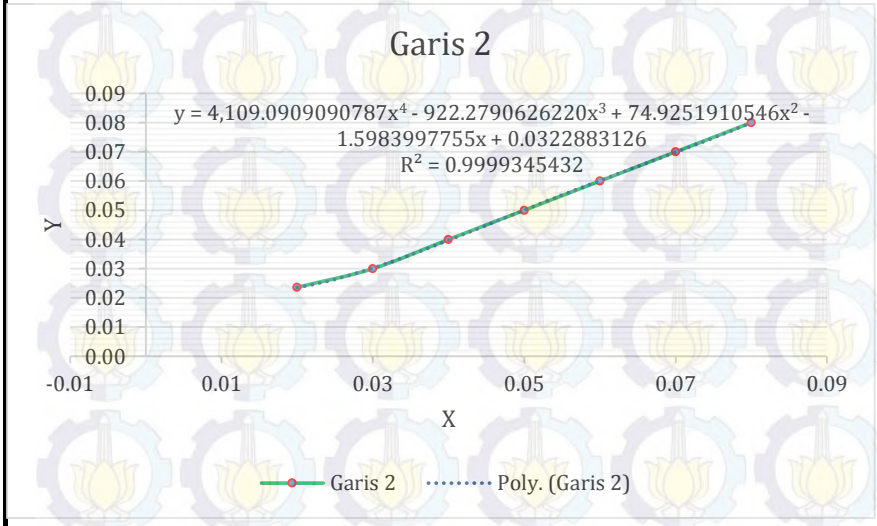
$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a = 0.8295
b = -1.8725
c = 0.9772
d = 0.6039
e = -0.0282

Regresi Kurva Faktor CI

X = Cw		X = Cw"	
Y = CI		Y = CI'	
Garis 1		**Garis 2**	
X	**Y**	**X**	**Y**
0.5000	0.0236	0.5000	0.02
0.5686	0.0300	0.5775	0.03
0.6683	0.0400	0.6555	0.04
0.7539	0.0500	0.7309	0.05
0.8332	0.0600	0.8072	0.06
0.9027	0.0700	0.8840	0.07
0.9581	0.0800	0.9536	0.08





Hasil Regresi Kurva Faktor CI

1. Garis 1

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a	=	0.5632
b	=	-1.4709
c	=	1.5233
d	=	-0.6043
e	=	0.0967

2. Garis 2

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a	=	0.3749
b	=	-0.9626
c	=	0.9987
d	=	-0.3258
e	=	0.032

Perhitungan Stabilitas

Satuan

Panjang ⇨ 1 feet = 0.305 m

Berat ⇨ 1 long ton = 1.016 ton

Input Data

L_{PP} = 214.895 ft

B = 41.010 ft

B_w = 41.010 ft ; *maximum waterline breadth*

T = 11.319 ft

H_M = 20.013 ft

S_F = 0 ft ; *Sheer fore*

S_A = 0 ft ; *Sheer aft*

Δ_0 = 2082.307 long ton

ℓ_{ST} = 214.895 ft ; *panjang bangunan atas*

h_{ST} = 7.546 ft ; *tinggi bangunan atas*

C_B = 0.703

C_{WP} = 0.793

C_X = C_M

= 0.986

Perhitungan Awal

C_{PV} = C_B/C_{WP} ; *vertical prismatic coefficient*

= 0.886

A_0 = $L_{PP} \cdot B_W \cdot C_V$; *luas bidang garis air*

= 6988.603 ft^2

A_M = $B_W \cdot C_X \cdot T$; *luas area midship*

= 457.566 ft^2

S = $(\ell_{ST} \cdot h_{ST}) + (0.5 \cdot Lpp \cdot SF/3) + (0.5 \cdot Lpp \cdot SA/3)$; *sheer rata-rata*

= 1621.583 ft

A_2 = $(0.98 \cdot L_{PP} \cdot H_M)$ + ; *area of vertical centerline plane to depth D*

= 5836.29 ft^2

D = $S/Lpp + H_M$; *tinggi kapal rata-rata*

= 27.559 ft

F = D - T ; *lambung timbul rata-rata*

= 16.240 ft

A_1 = $1.01 \cdot A_0$; *area of waterline plane at depth D*

= 7058.489 ft^2 *maybe estimate from A0 and nature of stations above waterline*

Perhitungan GZ

Δ_T = $\Delta 0+((A0+A1)/2)\cdot(F/35)$
= 5341.264

δ = $\Delta T/2-\Delta 0$
= 588.325

C_W' = $A2/(Lpp\cdot D)$
= 0.985

C_X' = $(AM+(B\cdot F))/(B\cdot D)$
= 0.994

C_{PV}' = $(35\cdot DT)/(A1\cdot D)$
= 0.961

C_{PV}'' = $(35\cdot DT)/(A2\cdot B)$
= 0.781

C_W'' = $CW^{\prime}-((140\cdot\delta)\cdot(1-CPV^{\prime\prime}))/(Lpp\cdot D\cdot B)$
= 0.911

f_0 = $(T\cdot(A0/A\_1-1))/(2\cdot F\cdot(1-CPV))$
= 0.031

f_1 = $(D\cdot(1-A0/A1))/(2\cdot F\cdot(1-CPV'))$
= 0.2156

f_2 = jika $C_X' \geq 0.89$, maka $f_2 = 9.1 \cdot (C_X' - 0.89)$
jika $C_X' \leq 0.89$, maka $f_2 = 0$
= 0.948

KG = 14.427 ft

Perhitungan h_1

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h_1 untuk f= = 0.484

h_1 untuk f= = 0.488

h_1 untuk f= = 0.500

h_1 *interpolasi* = 0.493

KG' = $(((D\cdot(1-h1)\cdot\Delta T)-\delta))/(2\cdot\Delta 0)$
= 17.762 ft

GG' = KG' – KG
= 3.335 ft

Perhitungan h_0

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h_0 untuk f= 0 = 0.458

h_0 untuk f= 0.5 = 0.468

h_0 untuk f= 1 = 0.483

h_0 *interpolasi* = 0.469

$KB_0 = (1 - h_0) \cdot T$

= 6.015

$G'B_0 = KG' - KB_0$

= 11.747

Perhitungan h_2

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h_2 untuk f= 0 = 0.424

h_2 untuk f= 0.5 = 0.438

h_2 untuk f= 1 = 0.456

h_2 *interpolasi* = 0.473

$G'B_{90} = (\Delta T \cdot h2 \cdot B)/(4 \cdot \Delta 0) - [\delta \wedge 2/\Delta 0 \cdot (17.5/(A2 - (70 \cdot \delta/8) \cdot (1 - CPV'')))]$

= 11.8252

$C_I = a\,x^4 + b\,x^3 + c\,x^2 + d\,x + e$

= 0.065

$BM_0 = (CI \cdot Lpp \cdot Bw \wedge 3)/(35 \cdot \Delta 0)$

= 13.144 ft

$C_I' = a\,x^4 + b\,x^3 + c\,x^2 + d\,x + e$

= 0.0699

$BM_{90} = (C_I' \cdot Lpp \cdot D \wedge 3)/(35 \cdot \Delta 0) + (Ld \cdot d \cdot D \wedge 2)/(140 \cdot \Delta 0)$

= 8.539 ft

$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$

= 4.732 ft

$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$

= 1.397 ft

$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$

= -3.287

$b1 = (9 \cdot (G`B90 - G`B0))/8 - (G`M0 - G`M90)/32$

= -0.162

$b2 = (G`M0 + G`M90)/8$

= -0.236

$b3 = 3 \cdot (G`M0 - G`M90)/32 - 3 \cdot ((G`B90 - G`B0))/8$

= 0.410

Perhitungan Lengan Stabilitas

$GG' \cdot \sin(1 \cdot \Phi) = (GG' \cdot \sin \Phi \,.\, \pi))/180$

$b_1 \cdot \sin(2 \cdot \Phi) = (b1 \cdot \Phi \,.2 \cdot \pi))/180$

$b_2 \cdot \sin(4 \cdot \Phi) = (b2 \cdot \sin \Phi \,.4\, \pi)/180$

$b_3 \cdot \sin(6 \cdot \Phi) = (b3 \cdot \Phi .6 \cdot \pi))/180$

Perhitungan Lengan Stabilitas

Φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
GG' · sin (1 · Φ)	0.0000	0.2905	0.5788	0.8627	1.1401	1.4087	1.6667	1.9120	2.1428	2.3572
b_1 · sin (2 · Φ)	0.0000	-0.0281	-0.0554	-0.0810	-0.1042	-0.1242	-0.1404	-0.1524	-0.1597	-0.1622
b_2 · sin (4 · Φ)	0.0000	-0.0807	-0.1517	-0.2045	-0.2326	-0.2326	-0.2047	-0.1520	-0.0811	-0.0004
b_3 · sin (6 · Φ)	0.0000	0.2047	0.3546	0.4096	0.3550	0.2053	0.0007	-0.2042	-0.3543	-0.4096
GZ (ft)	0.0000	0.3864	0.7263	0.9868	1.1583	1.2572	1.3223	1.4035	1.5477	1.7850
GZ (m)	0.0000	0.1178	0.2214	0.3008	0.3530	0.3832	0.4030	0.4278	0.4717	0.5441

Φ	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
GG' · sin (1 · Φ)	2.3572	2.5538	2.7309	2.8873	3.0217	3.1331	3.2207	3.2839	3.3220	3.3349
b_1 · sin (2 · Φ)	-0.1622	-0.1597	-0.1524	-0.1405	-0.1244	-0.1044	-0.0813	-0.0557	-0.0284	-0.0003
b_2 · sin (4 · Φ)	-0.0004	0.0804	0.1515	0.2043	0.2325	0.2327	0.2048	0.1523	0.0814	0.0008
b_3 · sin (6 · Φ)	-0.4096	-0.3553	-0.2059	-0.0013	0.2036	0.3540	0.4096	0.3556	0.2064	0.0020
GZ (ft)	1.7850	2.1191	2.5241	2.9497	3.3334	3.6154	3.7539	3.7361	3.5815	3.3374
GZ (m)	0.5441	0.6459	0.7693	0.8991	1.0160	1.1020	1.1442	1.1388	1.0916	1.0172

Perhitungan Lengan Dinamis (L_D) ; h = 0.0872665 rad

LDn= 1/3·h·(GZ(n−10)+4·GZ(n−5)+GZn)

Sudut [°]	LD [ft.rad]	LD [m.rad]
10	0.06608	0.02014
20	0.16964	0.05171
30	0.21844	0.06658
40	0.32843	0.10011
L_D Total	0.78260	0.23854

0.066581
0.100106
0.0335253

Sudut Maksimum

GZ max = 1.1442 m *; nilai maksimum GZ dari semua sudut (0^0 s.d. 90^0)*

Kolom Ke = 16 *; nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa*

Heel at GZ max = 75° *; pada sudut heel berapa GZ maksimum*

Titik

X_1 = 70
X_2 = 75
X_3 = 80
Y_1 = 1.1019698
Y_2 = 1.1441975
Y_3 = 1.1387689

Matriks

1	70	1225
1	75	1600
1	80	2025

Invers Matrik

36	-63	28
-1.7	3.2	-1.5
0.02	-0.04	0.02

Hasil Perkalian Matrik

a = -0.528004
b = 0.0799302
c = -0.000953
θ_{max} = 41.93044° *; sudut maximum*

Batasan Stabilitas Menurut IMO

IMO Resolution A. 749 (18)

Input Data

1. e (mrad)
   - $e_{30°}$ = 0.067
   - $e_{40°}$ = 0.100
   - e = $e_{30°} - e_{40°}$
   - = 0.034
2. $GZ_{30°}$ = 0.403
3. θ_{max} = 41.930
4. GM_0
   - GM_0 = 4.732 feet
   - = 1.442 m
5. B = 12.5 m
6. G'Mo = 1.397

Kriteria IMO

1. $e_{30°}$ ≥ 0.055
   - $e_{30°}$ = 0.067
   - = **Diterima**
2. $e_{40°}$ ≥ 0.09
   - $e_{40°}$ = 0.100
   - = **Diterima**
3. $e_{30-40°}$ ≥ 0.03
   - $e_{30-40°}$ = 0.034
   - = **Diterima**
4. $h_{30°}$ ≥ 0.2
   - $h_{30°}$ = 0.403
   - = **Diterima**
5. θ_{max} ≥ 25
   - θ_{max} = 41.930
   - = **Diterima**
6. GM_0 ≥ 0.15
   - GM_0 = 1.442
   - = **Diterima**

Status = **Kriteria Dipenuhi**

Periode Rolling

T = $(0.79 \cdot B)/\sqrt{(G' Mo)}$

= 8.354 detik

TONNAGE MEASUREMENT

Gross Tonnage

(Practical Ship Design - Watson ; page 367)
(Ship Construction - D.J. Eyres ; page 330)

GT = K1.V (inner shell)

2106.35

V = Vh + Vu
Vu = Underdeck Volume
Vh = Vsp + Vdh + Vhatch + Vcamber

Vu =	4432.539	
Vs.structure =	2597.079	m3
Vdeckhouse =	558.038	m3
Vhatchway =	0.000	m3
Vcamber =	0.000	m3
Vh =	3155.117	m3
V =	7587.656	m3
K1 =	0.278	

Net Tonnage

(Practical Ship Design - Watson ; page 367)

Vc =	5518.91	V_{km} =	534.375
d =	3.450	V_{AP} =	148.688
D =	6.100	V_{FP} =	159.820
K2 =	0.275	V_{db} =	715.750
K3 =	1.513	V_{ch} =	2645.00
N1 =	2		
N2 =	22		

NT = **868.906**

K2.Vc(4d/3D)^2 >= 0.25GT	
status =	OK

NT >= 0.3GT	
status =	OK

GROSS TONNAGE = 2106.35 ton
NET TONNAGE = 868.91 ton

Ruang Muat Ternak Sapi

SD = (L x W) / jumlah ternak (m^2/ekor)
TL = (W x 1000) / jumlah ternak
Minimal SD = 2.7 (m^2/ekor)

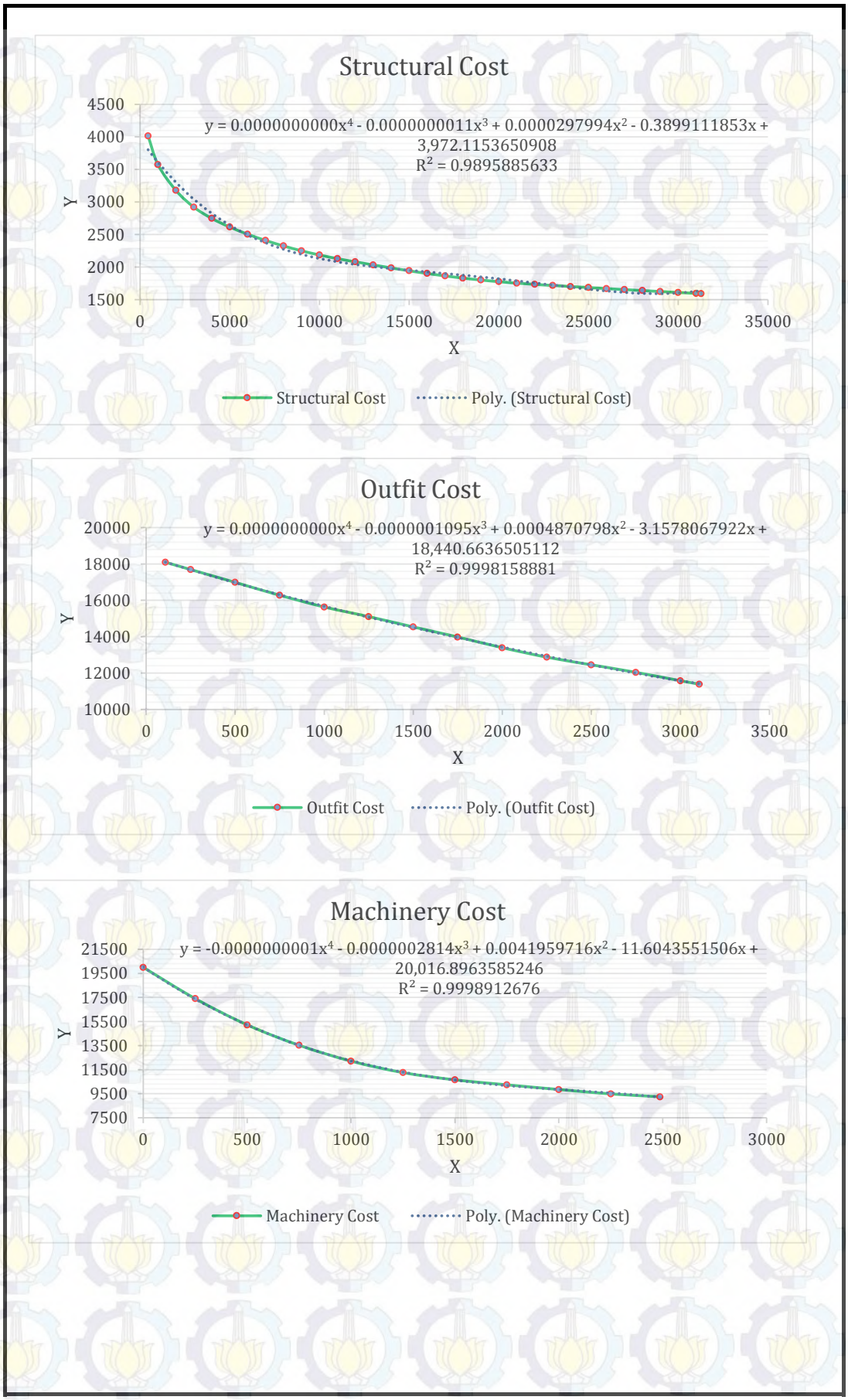
Kandang	Luasan Kandang (m2)	Jumlah ternak (ekor)	L (m)	W (m)	Lokasi	
1	38	14	7.5	5.0		
2	47	18	9.3	5.0		
3	60	23	12.0	5.0		
4	40	15	8.0	5.0	"B" DECK	
5	40	15	8.0	5.0		
6	44	17	8.8	5.0		
7	63	24	12.5	5.0		
8	38	14	7.5	5.0		
9	38	14	7.5	5.0		
10	47	18	9.3	5.0		
11	44	17	8.8	5.0		
12	32	0	8.0	5.0	MAIN DECK	Kandang isolasi
13	32	12	8.0	5.0		
14	44	17	8.8	5.0		
15	47	18	9.3	5.0		
16	38	14	7.5	5.0		
17	38	14	7.5	5.0		
18	47	18	9.3	5.0		
19	38	14	8.8	5.0		
20	28	11	8.0	5.0	SECOND DECK	
21	28	11	8.0	5.0		
22	38	14	8.8	5.0		
23	47	18	9.3	5.0		
24	38	14	7.5	5.0		
25	36	14	7.5	5.0		
26	47	18	9.3	5.0		
27	45	17	12.0	5.0		
28	20	8	8.0	5.0	DOUBLE BOTTOM	
29	20	8	8.0	5.0		
30	33	13	8.8	5.0		
31	63	24	12.5	5.0		
32	36	14	7.5	5.0		

ẽ = 480

Regresi Kurva

Practical Ship Design , David G. M. Watson

Structural Cost		Outfit Cost		Machinery Cost	
X	Y	X	Y	X	Y
446.11	4016.44	108.51	18095.88	0.00	20000.00
1000.00	3573.25	250.00	17691.55	250.00	17404.86
2000.00	3177.98	500.00	16989.06	500.00	15223.74
3000.00	2920.54	750.00	16278.67	750.00	13526.95
4000.00	2747.85	1000.00	15634.41	1000.00	12207.74
5000.00	2615.74	1250.00	15106.22	1250.00	11254.79
6000.00	2504.97	1500.00	14539.63	1500.00	10651.59
7000.00	2409.15	1750.00	13984.85	1750.00	10236.66
8000.00	2324.65	2000.00	13396.41	2000.00	9849.90
9000.00	2250.50	2250.00	12875.38	2250.00	9481.23
10000.00	2186.17	2500.00	12456.51	2486.79	9246.10
11000.00	2130.37	2750.00	12042.50		
12000.00	2080.29	3000.00	11581.38		
13000.00	2033.18	3106.81	11388.14		
14000.00	1987.39				
15000.00	1943.50				
16000.00	1902.36				
17000.00	1864.79				
18000.00	1831.24				
19000.00	1801.64				
20000.00	1775.87				
21000.00	1753.82				
22000.00	1734.88				
23000.00	1717.95				
24000.00	1701.91				
25000.00	1685.99				
26000.00	1670.22				
27000.00	1654.70				
28000.00	1639.54				
29000.00	1624.81				
30000.00	1610.40				
31000.00	1596.18				
31275.60	1592.27				


Structural Cost
y = 0.0000000000x⁴ - 0.0000000011x³ + 0.0000297994x² - 0.3899111853x + 3,972.1153650908
R² = 0.9895885633
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
Y
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
X
Structural Cost
Poly. (Structural Cost)
Outfit Cost
y = 0.0000000000x⁴ - 0.0000001095x³ + 0.0004870798x² - 3.1578067922x + 18,440.6636505112
R² = 0.9998158881
20000
18000
16000
14000
12000
10000
Y
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
X
Outfit Cost
Poly. (Outfit Cost)
Machinery Cost
y = -0.0000000001x⁴ - 0.0000002814x³ + 0.0041959716x² - 11.6043551506x + 20,016.8963585246
R² = 0.9998912676
21500
19500
17500
15500
13500
11500
9500
7500
Y
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
X
Machinery Cost
Poly. (Machinery Cost)

Hasil Regresi :

1. Structural Cost

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a = 0.0000000000
b = -0.0000000011
c = 0.0000297994
d = -0.3899111853
e = 3972.1153650908

2. Outfit Cost

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a = 0.0000000000
b = -0.0000001095
c = 0.0004870798
d = -3.1578067922
e = 18440.6636505112

3. Machinery Cost

$Y = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$

a = -0.0000000001
b = -0.0000002814
c = 0.0041959716
d = -11.6043551506
e = 20016.8963585246

Perhitungan Harga

Input Data

W_{ST}	=	937.531	ton
$W_{E\&O}$	=	409.375	ton
W_{ME}	=	84.190	ton

Perhitungan Biaya

1. Structural Cost

C_{ST}	=	3631.85
P_{ST}	=	$W_{ST} \cdot C_{ST}$
	=	$3,404,971

2. Outfit Cost

$C_{E\&O}$	=	17222.05
$P_{E\&O}$	=	$W_{E\&O} \cdot C_{E\&O}$
	=	$7,050,278

3.Machinery Cost

C_{ME}	=	19069.49
P_{ME}	=	$W_{ME} \cdot C_{ME}$
	=	$1,605,466

4. Non-weight Cost

C_{NW}	=	10%
P_{NW}	=	$C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME})$
	=	$1,206,072

Biaya	=	$P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW}$
	=	**$13,266,787**

Perhitungan Harga

1. Keuntungan	=	5% · Biaya
	=	$663,339.35
2. Inflasi	=	2% · Biaya
	=	$265,335.74
3. Pajak	=	-9% · Biaya
	=	-$1,194,010.84

Harga	=	Biaya + Keuntungan + Inflasi + Pajak
	=	**$13,001,451.32**

Kurs	=	Rp12,600 /US$
Harga	=	**Rp163,818,286,616**

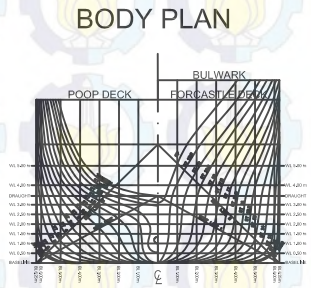
TABLE OF HEIGHT ABOVE BASE LINE (m)

BL \ STATION	TRANSOM	-0,5	AP	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	FP
CL	3,450	3,108	2,941	0,546	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	3,088
BL 1	3,580	3,304	3,093	2,647	2,103	0,386	0,127	0,046	0,017	0,006	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,006	0,013	0,028	0,060	0,134	0,317	0,897	4,000	5,090
BL 2	3,842	3,557	3,362	3,073	2,697	2,253	1,375	0,607	0,199	0,079	0,032	0,013	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,011	0,023	0,049	0,098	0,205	0,416	0,836	3,284	4,691	5,861	7,106
BL 3	4,304	3,998	3,770	3,504	3,202	2,870	2,417	1,780	1,000	0,450	0,210	0,098	0,040	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,018	0,059	0,134	0,254	0,454	0,829	2,900	4,443	5,390	6,420	7,650	8,753
BL 4	5,439	5,009	4,612	4,171	3,854	3,540	3,175	2,691	2,080	1,363	0,744	0,358	0,022	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007	0,033	0,115	0,254	0,535	0,938	2,671	4,448	5,328	6,273	7,246	8,347	—	—
BL 5	7,958	7,338	6,793	6,118	5,443	4,834	4,346	3,913	3,403	2,743	1,895	1,114	0,638	0,226	0,085	0,052	0,046	0,046	0,046	0,084	0,215	0,535	1,239	3,918	4,835	5,997	6,539	7,482	8,710	—	—	—	—
BL 6	—	—	—	—	—	—	—	8,178	6,943	5,562	4,832	3,975	2,882	1,288	0,767	0,627	0,537	0,535	0,535	0,766	2,002	5,234	6,100	6,995	8,710	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BL 6.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,552	6,009	4,535	2,634	2,178	2,178	4,473	6,492	6,730	7,184	8,499	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
UPPER DECK	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100
F.CASTLE DECK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400
POOP DECK	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	8,400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BULWARK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,400	9,400	9,400	9,400	9,400	9,400	9,400	9,400	9,400	9,400

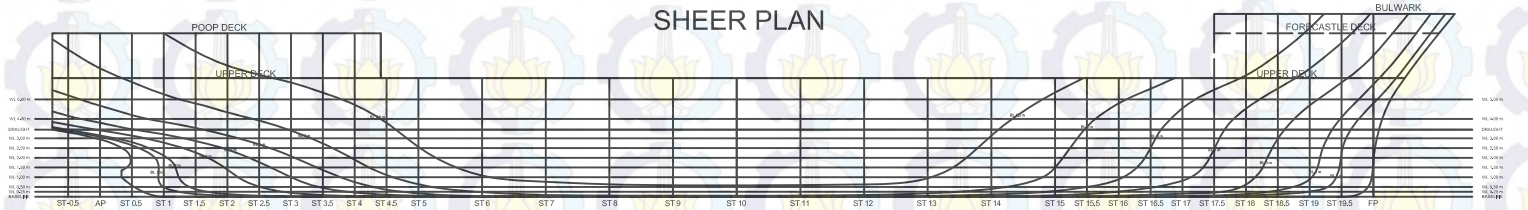
TABLE OF HALF BREADTH (m)

WL \ STATION	TRANSOM	-0,5	AP	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	FP
BASE LINE	—	—	—	—	0,283	0,712	1,275	1,735	1,366	1,543	1,768	1,768	2,154	2,365	2,549	3,989	4,154	4,154	4,001	3,924	3,613	3,480	3,185	2,734	2,264	0,945	0,531	0,317	0,246	0,103	0,054	0,000	—
WL 0.5	—	—	—	—	0,702	1,077	1,511	1,992	2,514	3,076	3,659	4,261	4,261	4,808	5,470	5,737	5,891	5,934	5,934	5,916	5,808	5,456	4,960	4,464	3,944	3,527	3,078	2,607	2,128	1,657	1,206	0,779	0,358	—
WL 1	—	—	—	—	0,504	0,811	1,271	1,807	2,385	2,999	3,642	4,297	4,297	4,896	5,364	5,892	6,157	6,185	6,176	6,165	6,086	5,804	5,340	4,912	4,438	4,040	3,600	3,124	2,622	2,103	1,572	1,037	0,504	—
WL 1.5	—	—	—	—	0,406	0,845	1,403	2,075	2,474	3,440	4,120	4,751	4,751	5,264	5,657	6,082	6,215	6,229	6,250	6,233	6,164	5,920	5,498	5,055	4,614	4,229	3,794	3,324	2,826	2,292	1,729	1,145	0,558	—
WL 2	—	—	—	—	0,442	0,938	1,729	2,484	3,226	3,924	4,536	5,054	5,054	5,481	5,817	6,159	6,232	6,250	6,250	6,248	6,186	5,967	5,572	5,132	4,708	4,336	3,912	3,439	2,925	2,381	1,806	1,197	0,583	—
WL 2,5	—	—	—	—	0,801	1,547	2,341	3,116	3,790	4,367	4,856	5,284	5,284	5,646	5,926	6,198	6,235	6,245	6,250	6,500	6,191	5,994	5,621	5,196	4,765	4,394	3,981	3,519	3,012	2,456	1,868	1,244	0,656	—
WL 3	—	—	—	1,469	1,791	2,624	3,235	3,881	4,307	4,745	5,198	5,488	5,488	5,789	6,019	6,221	6,243	6,250	6,250	6,250	6,199	6,019	5,667	5,266	4,825	4,454	4,037	3,580	3,081	2,539	1,945	1,310	0,653	—
DRAUGHT	0,000	1,658	2,260	2,884	3,466	3,895	4,300	4,674	5,026	5,353	5,647	5,897	6,083	6,233	6,248	6,250	6,250	6,250	6,250	6,209	6,042	5,714	5,338	4,896	4,527	4,112	3,655	3,159	2,623	2,036	1,405	0,744	0,396
WL 4	2,447	3,002	3,357	3,824	4,162	4,478	4,764	5,055	5,329	5,581	5,811	5,811	6,004	6,141	6,242	6,249	6,250	6,250	6,250	6,212	6,073	5,784	5,460	5,022	4,663	4,256	3,808	3,315	2,791	2,224	1,605	0,955	0,585
WL 5	3,695	3,994	4,248	4,581	4,826	5,070	5,294	5,504	5,699	5,879	6,029	6,029	6,142	6,209	6,247	6,250	6,250	6,250	6,250	6,229	6,140	5,953	5,735	5,381	5,073	4,707	4,284	3,818	3,302	2,769	2,158	1,492	0,965
UPPER DECK	4,345	4,983	4,765	5,000	5,198	5,398	5,597	5,796	5,926	6,066	6,163	6,163	6,222	6,238	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,227	6,167	6,000	5,797	5,539	5,244	4,899	4,438	3,970	3,429	2,926	2,187	1,508
F.CASTLE DECK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,250	6,222	6,140	5,933	5,654	5,394	5,015	4,642	4,059	3,314
POOP DECK	6,123	5,265	5,398	5,527	5,681	5,783	5,910	6,021	6,111	6,177	6,208	6,208	6,243	6,250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BULWARK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,096	5,893	5,612	5,264	4,734	4,090

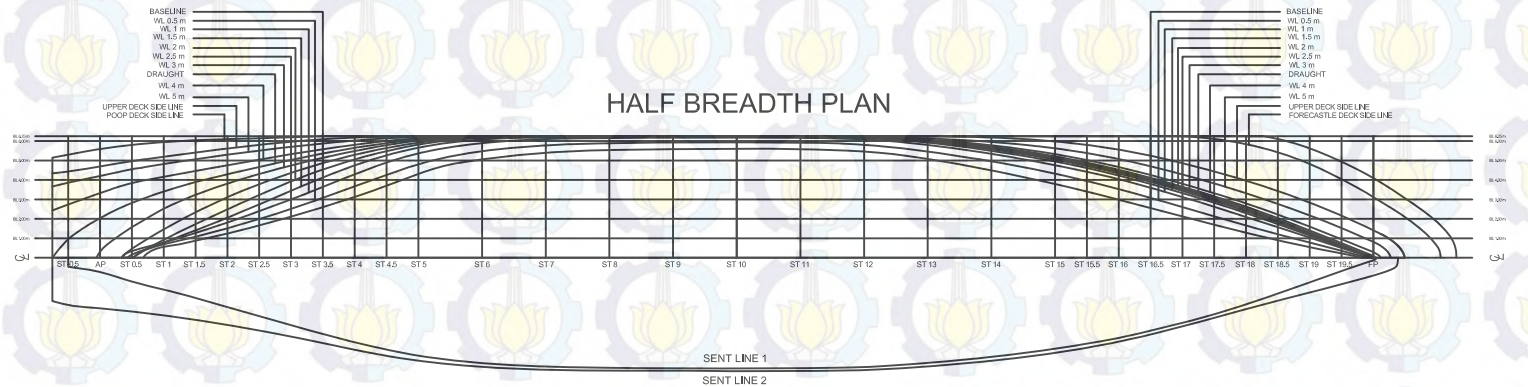
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



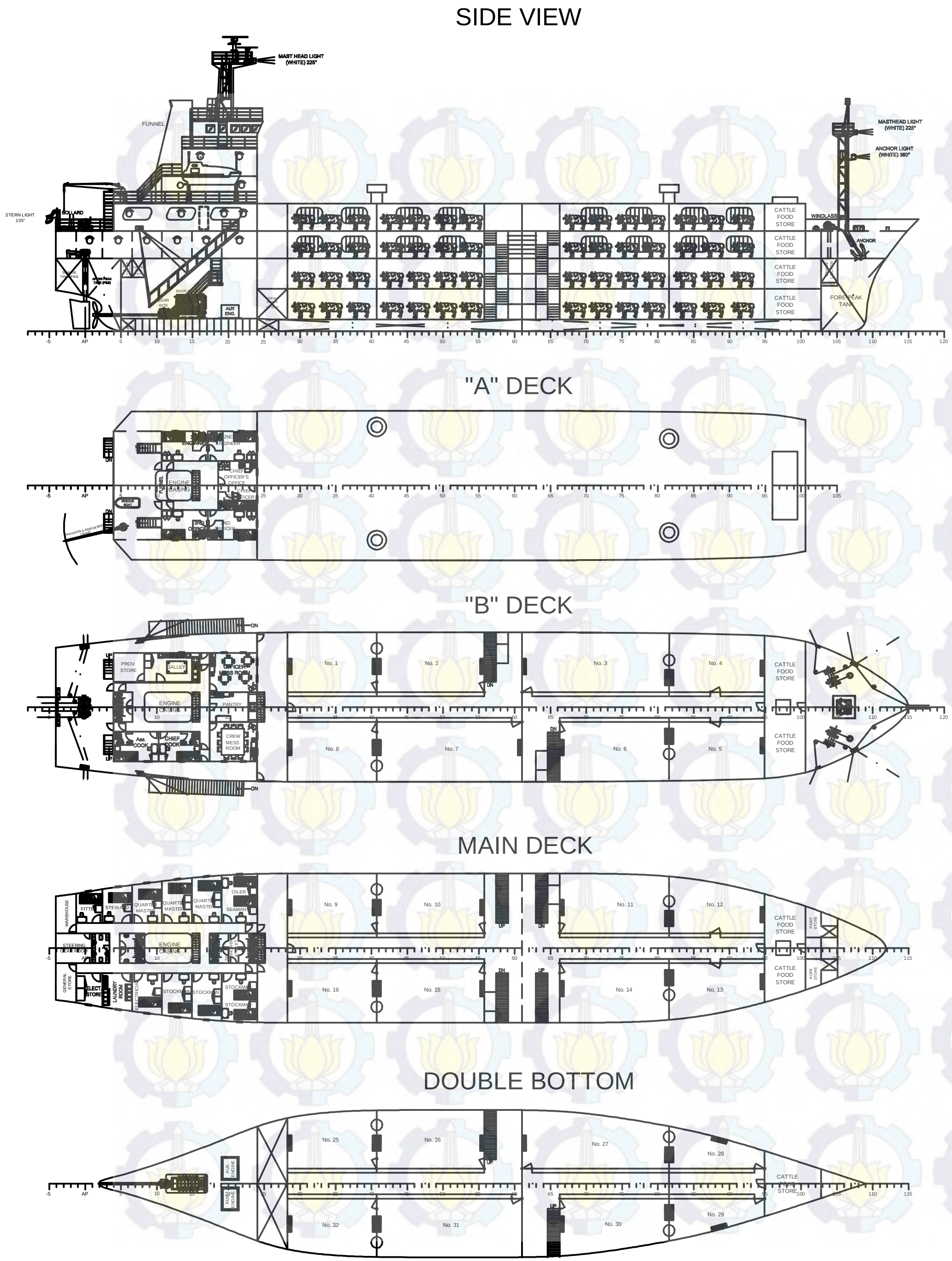
PRINCIPAL DIMENSIONS	
TYPE	LIVESTOCK CARRIER SHIP
DEADWEIGHT (DWT)	550.32 ton
LENGTH OVER ALL (Loa)	72.29 m
LENGTH OF WATERLINE (Lwl)	68.12 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	65.50 m
BREADTH MOULDED (Bm)	12.50 m
HEIGHT (H)	6.10 m
DRAUGHT (T)	3.45 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0.703
DESIGNED SEA SPEED (Vs)	11 Knot
COMPLEMENT	22 Persons

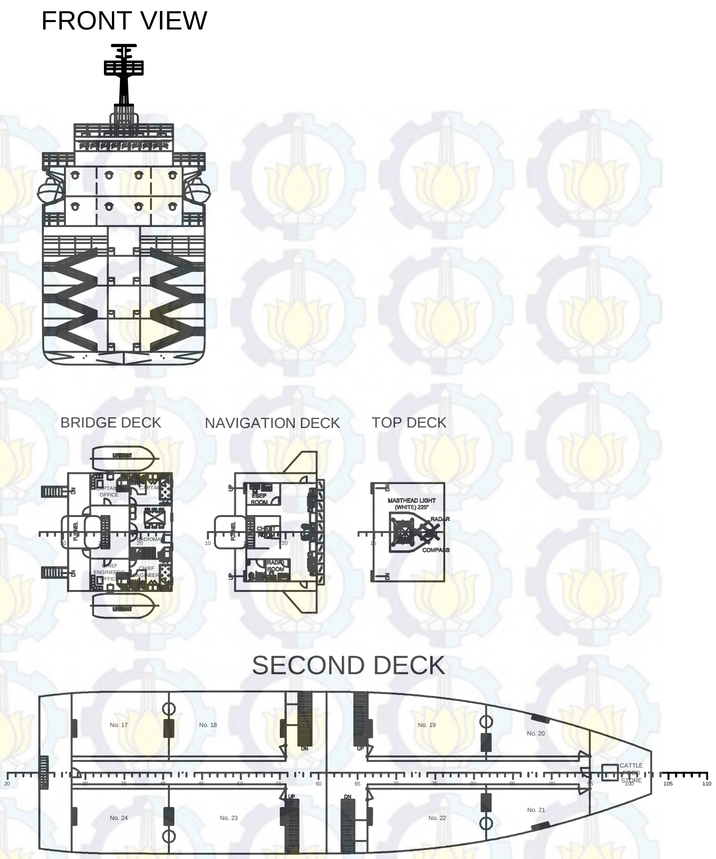
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA

LIVESTOCK CARRIER

LINES PLAN

Scale : 1 : 300	Signature	Date	Note :
Drawn by : Gigih Raditya Rizky Pratama			NRP.4110100086
Approved by : Ir. Hesty Anita Kumiawati, M.Sc.			





PRINCIPAL DIMENSIONS	
TYPE	LIVESTOCK CARRIER SHIP
DEADWEIGHT (DWT)	550.32 ton
LENGTH OVER ALL (Loa)	72.29 m
LENGTH OF WATERLINE (Lwl)	68.12 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	65.50 m
BREADTH MOULDED (Bm)	12.50 m
HEIGHT (H)	6.10 m
DRAUGHT (T)	3.45 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0.703
DESIGNED SEA SPEED (Vs)	11 Knot
COMPLEMENT	22 Persons

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA

LIVESTOCK CARRIER

GENERAL ARRANGEMENT

		Signature	Date	Note :
Scale	: 1 : 400			NRP : 4110100096
Drawn by	: Gigih Raditya Rizky Pratama			
Approved by	: Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.			

BIOGRAFI PENULIS

Penulis dilahirkan di Magetan pada 8 Juni 1992 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Putra pasangan Bapak Hery Siswanto dan Ibu Ririn Krisanawati ini menempuh pendidikan dimulai dari TK Cendana Bukit Jin pada tahun 1997-1998, Sekolah Dasar Negeri Pelem 1 Karangrejo pada tahun 1998-2004, SMP Negeri 1 Karangrejo pada 2004-2007 dan SMA Negeri 1 Magetan pada tahun 2007-2010. Setelah menyelesaikan jenjang SMA, penulis melanjutkan studi di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN. Penulis mengambil program studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal di Jurusan Teknik Perkapalan, dan terlibat dalam kegiatan-kegiatan dalam perkuliahan. Selama masa kuliah, penulis aktif di bidang kemahasiswaan tingkat jurusan hingga institut, selain itu juga mengikuti kepanitiaaan kegiatan Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN) ITS selama 3 periode berturut-turut. Juga beberapa pelatihan yang pernah diikuti seperti PKTI (2010), AUTOCAD 2D & 3D oleh Himatekpal (2010), LKMM Pra TD FTK ITS (2010). Pengalaman di bidang organisasi memberikan banyak ilmu bagi penulis seperti manajemen waktu, komunikasi yang baik, kepemimpinan serta kerjasama yang baik dalam tim.

Email: gigih96@live.com