

PERANCANGAN STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON UNTUK WILAYAH TELUK JAKARTA

Nama Mahasiswa : **Ista Ricky Suryoputranto**

NRP : **4108 100 093**

Jurusan : **Teknik Perkapalan**

Dosen Pembimbing : **Prof. Djauhar Manfaat, Ph.D.**

Industri persepakbolaan Indonesia semakin baik dan profesional. Provinsi DKI Jakarta memiliki potensi pasar yang besar. Namun, DKI Jakarta hanya memiliki satu buah stadion yang memenuhi syarat menyelenggarakan berbagai macam kejuaraan. Untuk itu dibutuhkan pembangunan stadion lain yang memiliki standar yang layak. Sementara, Penduduk DKI Jakarta semakin bertambah padat. Hal ini berakibat pada semakin sedikitnya lahan yang bisa digunakan untuk pembangunan. Untuk itu wilayah laut teluk Jakarta menjadi pilihan. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan desain stadion apung yang dapat beroperasi di teluk Jakarta. Penelitian ini menggunakan metode iterasi. Dimana proses desain kapal dimulai dengan mendesain bangunan atas yang berupa stadion. Kemudian dilanjutkan dengan mendesain rencana umum dan rencana garis badan kapal. Selanjutnya dilakukan analisa hambatan, stabilitas, daya listrik, LWT, DWT, hukum fisika, dan harga. Apabila terdapat ketidak-sesuaian maka dilakukan pendesainan ulang badan kapal dan perbaikan pada rencana umumnya. Dari hasil iterasi diperoleh ukuran utama optimal adalah $L = 200$ m, $B = 125$ m, $T = 4.21$ m, $H = 10$ m, dimana bangunan ini terdiri dari 6 buah ponton dengan ukuran utama untuk ponton depan *starboard*, belakang *starboard*, depan *portside*, dan depan *starboard* sebesar $L = 60$ m, $B = 33.5$ m, $H = 10$ m dan ukuran utama untuk ponton tengah *starboard* dan *portside* adalah $L = 70.4$ m, $B = 33.5$ m, $H = 10$ m.

Kata Kunci : *Stadion apung, ponton, teluk Jakarta*

ABSTRACT

DESIGN OF FLOATING STADIUM WITH 45.000 CAPACITY OF SEATS AT JAKARTA GULF

Student's Name : Ista Ricky Suryoputranto
NRP : 4108 100 093
Department : Naval Architecture and Shipbuilding
Supervisor : Prof. Djauhar Manfaat, Ph.D.

Indonesian's football industry is getting better and professional. DKI Jakarta Province has a big potential of football market. Nevertheless, there is only one stadium which has the requirements to hold football championships in DKI Jakarta. So that, there is a need to build other stadiums which accord to the standard. Meanwhile, DKI Jakarta citizens are increasing. This affects the buildable land area decrease. Because of that, the sea area of Jakarta's gulf becomes a choice. This final project has an objective to design a floating stadium which is able to be operated in Jakarta's gulf. An iteration method is used in this research. The first step of this research was allocated to design the superstructure which has the form of stadium. Then the work is continued to design the lines plan and the general arrangement of hull. To identify whether the design is matched with operating conditions or not, the calculations of stability, resistance, powering, LWT, DWT, physics, and building cost according to standards and comparators prices was done. If there is unsuitability in calculation, redesigning needs to be done until the design meets standards. The results of this iteration are $L = 200$ m, $B = 125$ m, $T = 4.21$ m, $H = 10$ m, where this structure consists of 6 pontoons with the main dimensions of the fore starboard, aft starboard, fore portside, and fore starboard pontoon are $L = 60$ m, $B = 33.5$ m, $H = 10$ m and the main dimensions of the middle starboard and portside pontoon are $L = 70.4$ m, $B = 33.5$ m, $H = 10$ m.

Keywords : *floating stadium, pontoon, Jakarta gulf*

BAB I

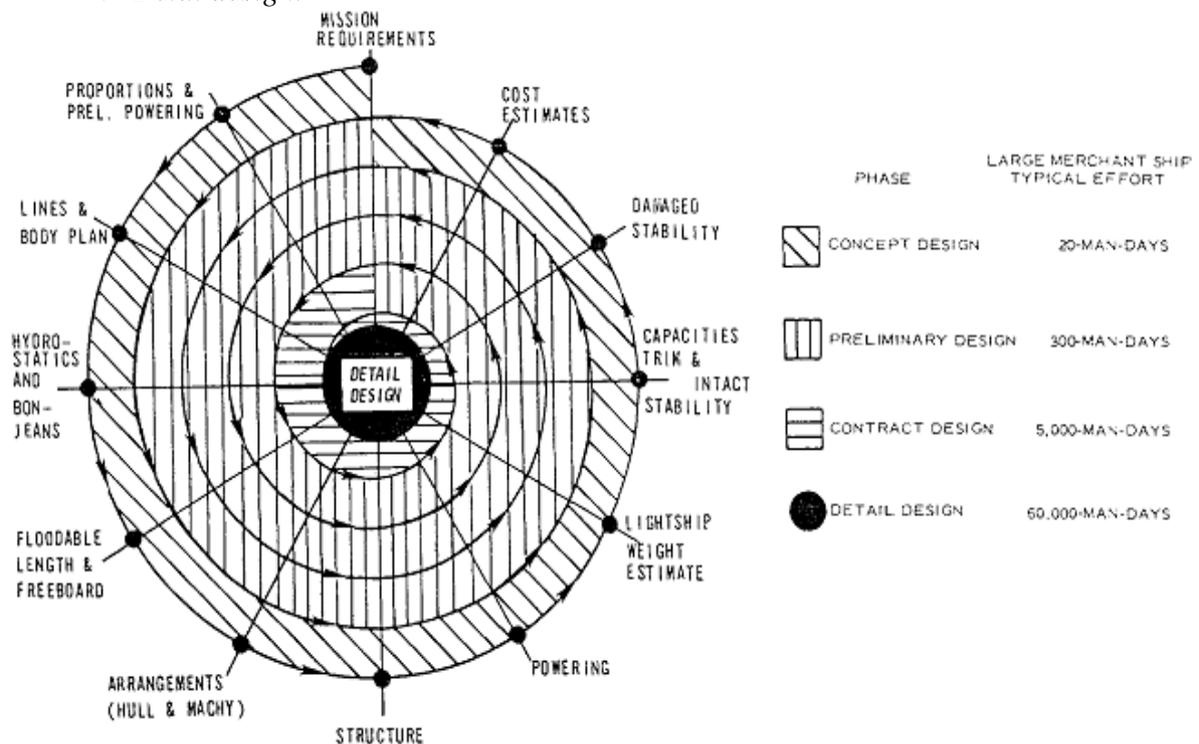
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendekatan Desain

Evans (1959), menyebutkan bahwa proses desain kapal adalah proses yang berulang. Ketika sebuah desain dikembangkan, untuk mendapatkan hasil yang maksimal dilakukanlah berbagai analisa. Karena desain kapal adalah kesatuan dari bagian-bagian yang saling berkaitan, maka semua bagian harus dibuat bertahap hingga tercipta satu desain yang detail dan siap digunakan untuk diproduksi. Proses berulang inilah yang disebut sebagai desain spiral.

Menurut Evans (1959), desain spiral terdiri atas empat tahapan yang diawali oleh adanya pernyataan desain. Adapun tahapan dari *spiral design* yaitu :

1. *Concept design,*
2. *Preliminary design,*
3. *Contract design,*
4. *Detai design.*



Gambar 2.1 Proses Desain Spiral (Evans, 1959)

2.1.1 Pernyataan Desain (*Desain Statement*)

Pernyataan desain selalu mengawali dalam proses mendesain kapal. Hal ini berguna untuk mendefinisikan dan memberikan tujuan serta kegunaan kapal yang akan didesain. Hal ini jugalah yang digunakan oleh seorang desainer kapal untuk menjadi acuan dalam menentukan pilihan-pilihan dalam mendesain sebuah kapal. Terdapat beberapa bagian dalam pernyataan desai diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Tujuan atau misi dari kapal

Tujuan atau misi kapal berguna untuk memberikan tujuan dari proses desain mengenai untuk fungsi apa sebuah kapal didesain.

b. Ukuran yang sesuai untuk kapal

Fungsi dari sebuah kapal tentu harus ditunjang dengan ukuran yang sesuai. Dimana ukuran yang sesuai tersebut didapatkan dari perhitungan dengan teori-teori yang ada. Dengan ukuran tersebut kemudian dilakukanlah beberapa desain. Dari beberapa desain tersebut kemudian dipilihlah desain yang paling optimal.

c. Permintaan pemilik kapal (*Owner requirement*)

Permintaan pemilik kapal ini harus dijadikan sebagai acuan utama dalam mendesain kapal. Hal ini adalah hal yang amat berpengaruh dalam proses desain kapal karena semua hasil desain harus sesuai dengan permintaan pemilik kapal

d. Batasan desain

Dalam mendesain kapal, terdapat batasan-batasan yang amat mempengaruhi desain kapal. Batasan ini disebabkan karena adanya faktor geografis, permintaan pemilik, peraturan, dll.

2.1.2 Desain Konsep (*Concept Design*)

Concept design merupakan tahap awal dalam proses desain. Di dalam tahapan ini, permintaan pemilik kapal diterjemahkan menjadi ketentuan-ketentuan dari kapal yang akan didesain (Evans, 1959). Proses ini terdiri atas beberapa tahapan yaitu identifikasi kebutuhan, persyaratan definisi, desain kriteria seleksi dan kerangka pembangunan solusi. Dalam tahapan ini pencarian solusi yang optimal, sering dilakukan dengan metode optimisasi pendekatan solusi global dengan beberapa kali iterasi.

Pembuatan *concept design*, membutuhkan *Technical Feasibility Study (TFS)* untuk menentukan ukuran utama ataupun karakter-karakter lainnya. Hal ini bertujuan untuk memenuhi *owner requirement* kapal seperti kecepatan, *range (endurance)*, kapasitas dan *deadweight*. Konsep dapat dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam melakukan *concept design* adalah :

- a. Stabilitas utuh (*intact stability*) dan *damage stability* kapal
- b. Kemampuan kapal dalam mengatasi kebocoran dan pengendaliannya
- c. Sarana dan perencanaan evakuasi/simulasi evakuasi
- d. Alternatif desain dan perencanaan ruang/studi keselamatan
- e. Kenyamanan penumpang
- f. *Maneuverability*
- g. Hambatan kapal dan propulsi kapal
- h. Penghematan energi

Sedangkan langkah-langkah dalam melakukan *concept design* adalah sebagai berikut :

- a. Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan melakukan perbandingan beberapa kapal sejenis yang sudah ada.
- b. Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama
- c. Memilih proses iteratif yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan
- d. Membuat ukuran yang sesuai
- e. Mengoptimasi ukuran utama dan detail kapal

2.1.3 Desain Awal (*Preliminary Design*)

Tahap selanjutnya adalah *preliminary design* dimana pada tahap ini dilakukan pemeriksaan ulang yang terkait dengan *performance* kapal (Evans, 1959). Hasil dari pemeriksaan ulang diharapkan tidak banyak merubah apa yang sudah ada pada tahap konsep desain. Sehingga proses desain dapat berlanjut ke tahap berikutnya.

Tahap ini merupakan pengembangan dari *concept design* dengan menetapkan alternatif kombinasi yang jelas sehingga didapatkan gambaran utama kapal yang lebih detail terhadap spesifikasi kapal yang akan dibangun seperti kecepatan servisnya (*service speed*), daya mesin yang dibutuhkan, kapasitas bahan bakar, peralatan permesinan dan lain-lain. Pada tahap ini

proses desain kapal dikembangkan untuk mendapatkan tingkatan tertentu yang digunakan untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan perancangan kapal telah terpenuhi. Hasil dari tahap ini akan menjadi dasar pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi pada tahap berikutnya.

Tahap desain awalmeliputi :

- a. Melengkapi bentuk lambung kapal
- b. Pemeriksaan terhadap analisa detail struktur kapal
- c. Penyelesaian desain bagian interior kapal
- d. Perhitungan stabilitas dan hidrostatis kapal
- e. Melakukan evaluasi kembali terhadap perhitungan hambatan kapal, daya maupun kemampuan kapal
- f. Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dalam penentuan sarat dan trim kapal
- g. Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail

2.1.4 Desain Kontrak (*Contract Design*)

Setelah desain awal selesai, tahap selanjutnya dilanjutkan dengandesain kontrak.*Contract design* bertujuan untuk mendefinisikan kapal dengan tingkatan dari ketelitian berdasarkan sebuah pengalaman pembangunan kapal yang dapat membuat sebuah estimasi biaya konstruksi.Pada tahap ini masih dimungkinkan terjadinya perbaikan-perbaikan hasil dari tahap *preliminary design* (Evans, 1959).Sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan teliti.

Detail dari pembuatan rencana umum (*general arrangement*) kapal dilakukan pada tahap ini, termasuk juga didalamnya kepastian terhadap kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar dan ruang akomodasi.

Pada umumnya, perbaikan yang dilakukan dalam tahap *contract design* diantaranya adalah perbaikan terhadap bentuk lambung (*hull form*) dengan memperbaiki rencana garis (*lines plan*) kapal, tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*, kemampuan olah gerak dan maneuver (*seakeeping and maneuvering*) kapal, sistem propulsi kapal dan detail konstruksi, pemakaian jenis baja serta tipe gading yang digunakan. Selain itu, dilakukan juga perhitungan berat dan titik berat kapal berdasarkan posisi dan berat masing-masing komponen konstruksi. Setelah beberapa perbaikan selesai di lakukan, selanjutnya dilakukan pembuatan spesifikasi rencana standart kualitas dari bagian badan kapal dan peralatannya. Dalam tahap ini juga

dilakukan *function test* untuk memastikan kondisi dan *performance* kapal sesuai atau mendekati *mission requirement* awal. Hasil akhir dari *contract design* adalah dokumen kontrak pembuatan kapal yang meliputi rencana kontrak dan spesifikasi.

2.1.5 Desain Detail (*Detail Design*)

Tahap terakhir dari proses mendesain kapal adalah *contract design*. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail (Evans,1959). Disamping itu pada *detail design* diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi. Sehingga para pekerja dibagian produksi bisa melaksanakan pembangunan kapal. Pada tahap ini bisa dipastikan tidak ada lagi perubahan. Meski demikian terkadang perlu ada revisi dalam prosentase yang kecil sebagai akibat adanya ketidaksesuaian di lapangan.

2.1.6 Desain Lanjutan (*Level Design*)

Hary Prasetyo (2008) menyebutkan bahwa terdapat perbedaan antara *Level I Design (total ship) Element* dan *Level II Design (ship system) Element* pada proses perencanaan, pengaturan dan pendiskripsian proses desain kapal. *Level I Design* berhubungan dengan sintesis dan analisis dari atribut total kapal seperti bentuk lambung, rencana umum (*general arrangement*), berat dan titik berat, hidrostatis, stabilitas, perencanaan crew kapal, biaya operasional dan resiko. Beberapa hal yang menentukan output dari level ini diantaranya adalah ukuran utama kapal : panjang (L), lebar (B), sarat (T) dan tinggi (H) serta perbandingan ukuran utama seperti L/B, L/H, B/T, T/H dan beberapa koefisien seperti C_B (*Coeffisien Block*), C_P (*Coeffisien Prismatic*), C_M (*Coeffisien Midship*) dan C_{WP} (*Coeffisien Water Plane*). Semua unsur ini akan membentuk sebuah bentuk lambung kapal yang memenuhi *mission requirement* dan mengakomodasi permintaan pemilik.

Sedangkan *Level II Design* berhubungan dengan analisis elemen utama kapal secara khusus seperti struktur, sistem propulsi, pembangkit dan distribusi listrik, *ship control, navigation*, sistem komunikasi, sistem perpipaan, HVAC (*Heating, Ventilation, Air Condition*) serta *outfitting*. Hasil dari *Level I Design* akan menjadi input untuk *Level II Design*.

2.2 Metode Umum Perencanaan Kapal

Santosa (1999) menjelaskan bahwa secara umum terdapat empat macam metode dalam perencanaan kapal. Metode tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Metode kapal pembandingan (*method of comparision*)

Metode ini dilakukan dengan menggunakan kapal pembanding yang sudah ada. Memiliki dasar pemikiran untuk merencanakan kapal yang diusahakan lebih baik dari kapal yang sudah ada berdasarkan dari pengalaman perencana. Metode ini memiliki keuntungan lebih cepat, sederhana, memiliki resiko yang relatif kecil dan bersifat memperbaiki kapal yang sudah ada. Adapun kekurangannya adalah sangat tergantung dari kapal pembanding, tidak ada kreatifitas dari perencana serta metode perhitungan biasanya sudah ketinggalan zaman sehingga besar kemungkinan terjadi kesalahan jika tanpa adanya perhitungan ulang.

b. Metode statistik (*method of statistic*)

Pada umumnya, metode ini digunakan untuk memecahkan masalah tunggal. Metode ini dilakukan dengan menganalisa beberapa kapal modern untuk mendapatkan ukuran utama, parameter bentuk dan perbandingan *model test* serta eksperimen. Kelebihan metode ini adalah bersifat memperbaiki sehingga didapatkan kapal baru yang lebih baik. Sedangkan kekurangannya adalah tidak dapat menganalisa semua komponen dalam perencanaan kapal secara bersamaan.

c. Metode ulangan perhitungan/metode *trial and error (iteration)*

Metode ini dilakukan dengan cara perhitungan beberapa kali hingga mendapatkan ukuran utama yang paling optimal. Dalam metode ini, semua parameter sangat tergantung satu sama lain. Metode *trial and error* baik untuk mendesain kapal yang rumit atau kapal tipe baru. Kelebihannya adalah memiliki ketepatan yang besar sedangkan kekurangannya adalah memerlukan waktu kerja yang banyak.

d. Metode penyelesaian lengkap (*method of complex solution*)

Pelaksanaan metode ini cukup rumit dan harus konsisten dalam mengerjakannya. Keuntungan metode ini adalah memiliki ketelitian yang cukup besar dan hampir tidak diperlukan koreksi dalam perencanaan, tidak diperlukan ulangan perencanaan seperti *spiral design* dan penentuan harga dalam perencanaan dapat diketahui di awal. Kekurangan dari metode ini adalah proses perhitungannya yang sangat rumit dan memerlukan waktu yang relatif lebih lama dari metode yang lain.

2.3 Stadion

2.3.1 Tinjauan Umum

Stadion adalah sebuah bangunan yang umumnya digunakan untuk menyelenggarakan acara olahraga dan konser, di mana di dalamnya terdapat lapangan atau pentas yang dikelilingi

tempat berdiri atau duduk bagi penonton. Stadion tertua yang kita kenal adalah sebuah stadion di Olympia, Peloponnesos, Yunani yang telah menyelenggarakan Olimpiade Kuno sejak tahun 776 SM. Stadion umumnya digunakan untuk merujuk kepada bangunan yang menyelenggarakan kegiatan luar ruangan (*outdoor*), sementara bagi kegiatan dalam ruangan bangunannya disebut gelanggang ([http//www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)).

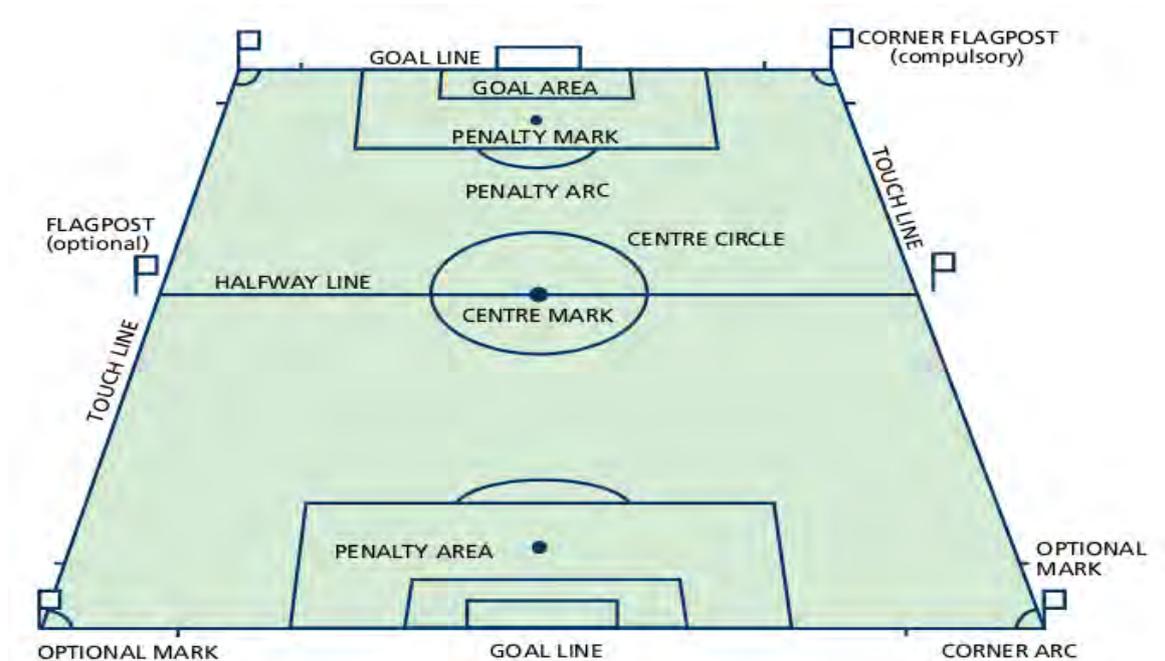
Stadion modern seringkali mempunyai atap di tribun penonton, namun ada pula stadion yang tak beratap sama sekali bahkan ada juga yang menutupi keseluruhan stadion (stadion berbentuk kubah, *dome*). Meskipun masih terdapat banyak stadion yang dirancang agar penontonnya berdiri, demi alasan keselamatan ada stadion-stadion yang kini telah memasang bangku bagi seluruh penontonnya.

Stadion masih banyak yang belum memenuhi standar di Indonesia. Banyak stadion yang masih belum memiliki penerangan untuk menyelenggarakan pertandingan di malam hari. Banyak juga stadion yang tidak memiliki sistem pengeringan lapangan yang baik sehingga kerap terjadi genangan air di lapangan saat hujan. Dan hampir semua stadion di Indonesia tidak memiliki kursi untuk semua penonton yang hadir dan penonton masih berdiri untuk menyaksikan pertandingan. Dan bukan hal yang aneh pula jika stadion di Indonesia kerap menjadi tempat menggembala ternak bagi warga sekitar.

Di Indonesia, stadion kebanyakan digunakan untuk menggelar pertandingan sepakbola, baik pertandingan amatir maupun liga profesional. Stadion juga digunakan untuk menggelar acara dan olahraga lain selain sepakbola, misalnya; kampanye, konser, atletik, dll. Kapasitasnya pun bervariasi antara 5.000 sampai 100.000 orang. Stadion terbesar di Indonesia adalah Stadion Gelora Bung Karno di Jakarta, yang dapat menampung sekitar 100.000 penonton.

2.3.2 Lapangan Sepakbola

Untuk menggelar suatu pertandingan sepakbola baik kompetisi lokal maupun internasional, FIFA memberikan standar ukuran. Lapangan sepakbola yang dipersyaratkan FIFA dalam *Laws of The Game 2013/2014* harus memiliki garis sisi (*touch line*) yang lebih panjang daripada garis gawang (*goal line*).



Gambar 2.2 Bagian-bagian lapangan sepakbola

(Football Stadiums Technical Recommendations & Requirement, 2007)

FIFA mensyaratkan panjang minimal lapangan sepakbola adalah 90 meter dan maksimal adalah 120 meter. Sementara untuk lebar, FIFA mensyaratkan minimal 45 meter dan maksimal 90 meter. Dan untuk ruang kosong antara garis tepi lapangan (garis sisi dan garis gawang) dengan papan iklan dipersyaratkan memiliki jarak sebesar 1,5 m.

Untuk stadion apung, rumput amat berperan penting untuk menjaga pergerakan bola karena trim atau oleng pasti terjadi disetiap bangunan apung. Diharapkan dengan alas rumput, didapatkan gaya gesek yang mampu menjaga pergerakan bola agar tidak terpengaruh kemiringan lapangan akibat pengaruh trim atau oleng.

Terdapat banyak jenis rumput yang dapat digunakan sebagai material pembuatan lapangan sepak bola standar. Adapun jenis rumput lapangan sepak bola standar internasional adalah:

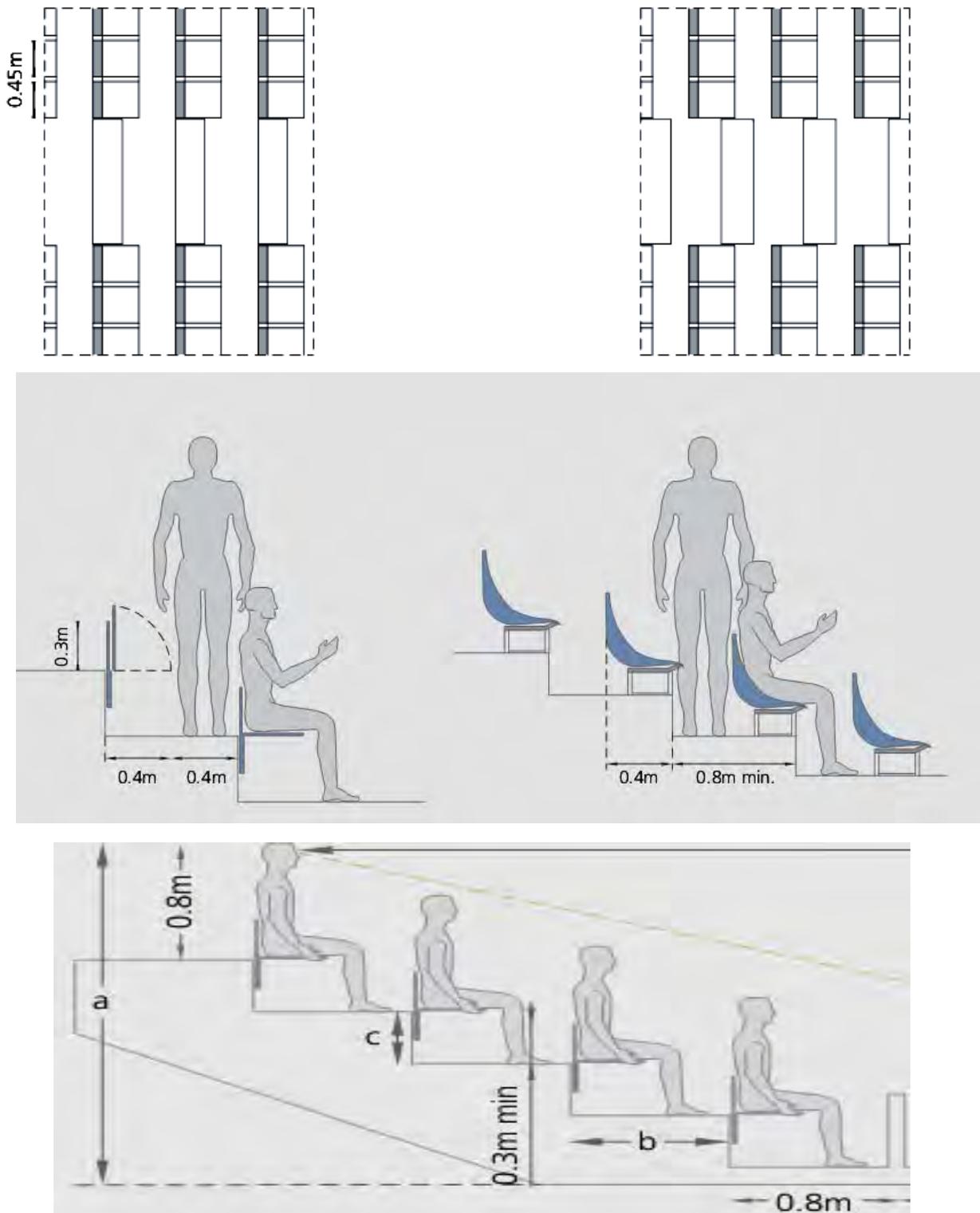
- a. Rumput golf, terdapat lebih dari 10 jenis rumput golf, namun sebenarnya memiliki bentuk visual yang mirip, diperlukan kejelian dalam penentuan jenis rumput, dari banyak jenis tersebut sebenarnya masing masing memiliki nama dan spesifikasi yang berbeda beda, seperti rumput golf untuk *putting green*, untuk *ferw*, untuk taman yang lebih banyak menggunakan rumput golf jenis peking/ rumput jepang, ada rumput golf evergreen, dan ada rumput golf untuk lapangan sepak bola
- b. Rumput *zoysia japonica*, ini adalah satu satunya rumput untuk lapangan sepak bola standar asli Indonesia
- c. Rumput *zoysia japonica linmer*, sebenarnya rumput ini adalah rumput jenis untuk subtropis, asli dari italia, Ini adalah jenis rumput yang direfrensikan oleh PSSI sebagai material pembuatan lapangan sepak bola standar nasional.
- d. Rumput sintesis, rumput ini banyak digunakan di stadion-stadion di eropa. Di Indonesia belum ada satupun stadion yang menggunakan rumput jenis ini

Selain nama rumput lapangan sepak bola standar internasional juga perlu diperhatikan adalah kemurnian daripada rumput itu sendiri, secara logika apabila membuat lapangan sepak bola menggunakan jenis *zoysia japonica linmer* maka yang tumbuh adalah juga *zoysia japonica linmer*, tetapi apabila nanti yang tumbuh ada jenis daripada rumput yang lain maka sudah dipastikan bahwa tanaman tersebut tidak murni atau sudah kontaminasi. (<http://www.tribunnews.com>)

2.3.3 Tribun

Tribun adalah tempat yang terdiri dari beberapa tingkat disekeliling lapangan dalam sebuah stadion dimana penonton dapat menyaksikan suatu acara, pertunjukan, atau pertandingan yang ada di lapangan. Tribun diatur dengan kemiringan tertentu dan tingkat (*stage*) yang makin tinggi ke belakang dengan tujuan agar setiap penonton dapat menyaksikan pertandingan yang ada dilapangan dengan jelas. FIFA mensyaratkan dalam *Football*

Stadiums Technical Recommendations and Requirements (2007) agar setiap tingkat memiliki lebar minimal 0,8 meter dan tinggi minimal 0,3 meter. Tribun juga harus diberi ruang kosong yang cukup untuk jalan akses penonton ke kursi yang telah disediakan.



Gambar 2.4. Ukuran standar tribun

(Football Stadiums Technical Recommendations & Requirement, 2007)

Tribun tidak hanya berisi dengan tempat duduk penonton. Biasanya dibagian paling atas dan paling belakang dari tribun disediakan kotak siar dan dek kamera yang digunakan untuk keperluan siaran langsung dari stasiun televisi yang telah mendapat hak siar dari penyelenggara. Bahkan, tribun di stadion-stadion di Eropa banyak yang menyediakan restorasi dan kafe ditingkat-tingkat paling atas dari tribun yang tentunya dapat menambah pemasukan dari klub atau pengelola dari stadion tersebut.



Gambar 2.5. Restoran di dalam sebuah stadion

(Football Stadiums Technical Recommendations & Requirement, 2007)

Tribun harus terdapat fasilitas-fasilitas kamar kecil dengan ketentuan 1 jamban untuk 250 orang. Kamar kecil harus mudah diakses oleh penonton atau dengan kata lain kamar kecil tidak boleh terlalu jauh namun juga tidak boleh diletakkan sembarangan sehingga mengganggu kenyamanan penonton. Tribun juga harus diberikan akses keluar masuk yang cukup, baik untuk penonton maupun juga untuk keperluan perbaikan stadion.

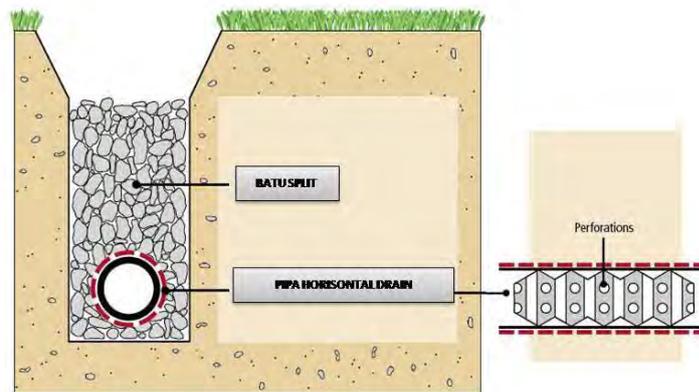
Dalam perkembangannya, tribun dapat dibuat lebih dari satu lantai. Hal ini bertujuan agar setiap penonton dapat menikmati acara atau pertandingan dengan jelas. Selain itu, keterbatasan lahan juga menjadi alasan mengapa tribun dari sebuah stadion dibuat lebih dari satu lantai.

2.3.4 Sistem Pengeringan Lapangan

Sistem pengeringan pada lapangan sepakbola bukan hanya bergantung dari jenis rumputnya melainkan juga bergantung dari jenis media dan sistem penanaman yang digunakan. Hal ini disebabkan media tanam juga berfungsi sebagai pengering dari lapangan tersebut jika terjadi genangan air.

Untuk menghasilkan sistem pengeringan yang baik, dibutuhkan media tanam yang memiliki kandungan tanah liat yang sedikit. karena dapat menyerap dan mengalirkan air lebih baik sehingga diharapkan apabila terjadi hujan, maka tidak menimbulkan genangan air.

Apabila tanah yang digunakan untuk stadion terlalu padat maka dapat digunakan alat bantu pengeringan berupa pipa yang ditanam dibawah tanah lapangan sepak bola tersebut.



Gambar 2.6. Sistem pengeringan lapangan sepakbola

(<http://blogapasajaboleh.blogspot.com>)

Untuk sistem pengeringan di stadion apung tentu tidak sama dengan stadion yang ada didarat. Komposisi tanah penyusun stadion dapat disesuaikan menurut komposisi terbaik. Genangan air dapat dihindari dengan.

2.3.5 Layar Besar

Layar besar merupakan persyaratan wajib sebuah stadion. Layar besar di sebuah stadion digunakan untuk menampilkan tayangan ulang, skor, waktu pertandingan, dll. Layar besar di stadion-stadion modern biasanya terbuat dari kumpulan *Light Emitting Diodes* (LED).



Gambar 2.7. Layar besar LED

(<http://matahariled.com>)

Tidak banyak stadion di Indonesia yang dilengkapi dengan layar besar. Kebanyakan stadion di Indonesia hanya dilengkapi dengan papan skor dari spanduk atau papan. Oleh karena itu tidaklah mengherankan jika kebanyakan klub sepakbola Indonesia yang lolos ke *AFC Championship League* atau *AFC Cup* harus berpindah stadion ke Gelora Bung Karno atau Gelora Jaka Baring Palembang dari stadion asalnya karena alasan stadion tempatnya biasa bertanding tidak dilengkapi dengan layar besar LED.

Untuk berapa ukuran minimal yang diperlukan, FIFA memberi rumus sebagai berikut,

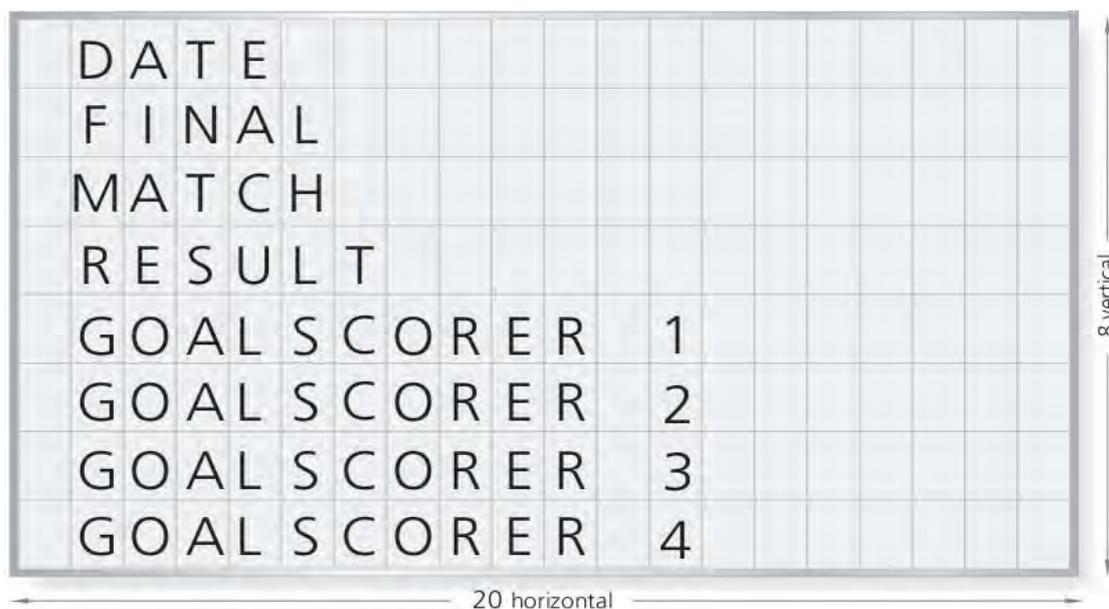
$$H \geq D / 500$$

Dimana,

H = tinggi minimal huruf pada layar LED (m)

D = jarak maksimal penonton dengan layar (m)

Dari tinggi minimal huruf yang dapat terlihat, didapat lebar huruf minimal sebesar 0,7 H. dan dari tinggi dan lebar huruf yang didapat dari rumus diatas, maka ukuran panjang dan lebar dari layar besar dapat ditentukan dari gambar sebagai berikut,



Gambar 2.8. Ukuran layar besar

(*Football Stadiums Technical Recommendations & Requirement, 2007*)

2.3.6 Kotak Siar (*sky boxes*)

Kotak siar adalah ruang pribadi untuk menarik penonton dari kalangan ekonomi kelas atas pada sebuah stadion. Kotak siar biasanya memiliki harga tiket masuk yang jauh lebih mahal dari tempat lain di stadion terutama untuk acara besar. Kotak siar biasanya juga dilengkapi

dengan fasilitas yang memanjakan dan pelayanan makanan. Banyak perhelatan olahraga yang memaksimalkan ruang kosong diatas stadion untuk dijadikan kotak siar, namun hal ini kerap menimbulkan protes dari penonton lain yang berada dibawahnya.

Pada umumnya, kotak siar biasanya tertutup dan terlindung dari cuaca.Selain itu kotak siar juga dilengkapi dengan tempat duduk yang lebih mewah dari tribun dan juga dilengkapi meja sehingga kesan mewah lebih terasa daripada menonton di tribun.

Akses untuk menuju kotak siar juga lebih khusus dari tribun biasa. Hal ini ditujukan untuk menghindari penyewa kotak siar dari kerumunan penonton lain baik saat menuju kotak siar, maupun saat meninggalkan kotak siar.

2.3.7 Papan Reklame

Dalam industri sepakbola, sponsor dan iklan menjadi sumber pemasukan utama sebuah klub sepakbola atau tim nasional. Untuk mengiklankan merek dari sponsor yang telah mensponsori klub atau tim nasional tersebut, maka dibuatlah papan reklame. Papan reklame dalam sebuah stadion biasanya diletakan di sekeliling lapangan. Selain itu papan reklame yang mengelilingi lapangan juga berfungsi sebagai penghalang penonton yang jahil untuk menerobos ke lapangan. Ada juga papan reklame yang

Papan reklame dalam industri sepakbola terbuat dari bahan yang tahan benturan. Di era tahun 90-an, papan reklame ada yang terbuat dari spanduk, papan triplek, maupun papan logam.Namun saat ini, papan LED mulai menggantikan penggunaan papan reklame dari triplek, spanduk, maupun papan dari logam.

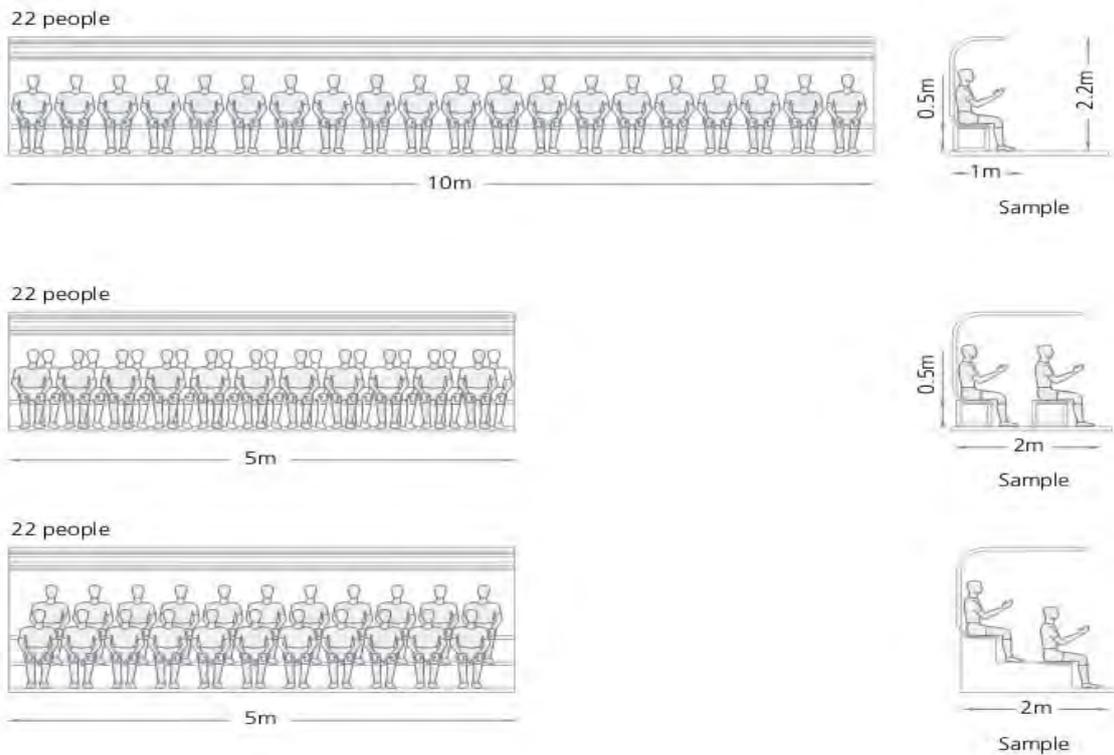


Gambar 2.9. Papan reklame LED
(<http://blogapasajaboleh.blogspot.com>)

2.3.8 Bangku Pemain & Pelatih

Dalam stadion pemain dan pelatih diberi tempat duduk khusus. Di bangku pemain dan pelatih inilah biasanya pemain cadangan menunggu giliran bermain, pelatih memberi instruksi dan mengatur strategi permainan pada pemain di lapangan, dan tim medis siaga untuk memberikan pertolongan pada pemain yang membutuhkan pertolongan.

FIFA mensyaratkan sebuah stadion minimal memiliki dua buah bangku pemain dan pelatih. Dengan masing-masing dapat menampung minimal 22 orang. Ada 3 jenis bangku pemain dan pelatih, yaitu bangku pemain dan pelatih yang hanya terdiri dari satu baris, ada yang terdiri dari dua baris, dan ada yang terdiri dari tiga baris.



Gambar 2.10. Bangku pemain dan pelatih

(Football Stadiums Technical Recommendations & Requirement, 2007)

2.3.9 Fasilitas-fasilitas & Ruang-ruang Pendukung

Stadion wajib memiliki fasilitas-fasilitas & ruang-ruang pendukung dengan standar ukuran seperti yang juga disebutkan di *Football Stadiums Technical Recommendations and Requirements* (2007). Fasilitas-fasilitas tersebut diantaranya; ruang P3K, ruang ganti pemain, ruang pijat, ruang bilas, dll. Selain fasilitas-fasilitas dari aturan-aturan diatas, tentunya diperlukan juga fasilitas tempat tinggal dan latihan yang nyaman bagi tim tuan rumah untuk meningkatkan mental dan kemampuan sebelum menjamu tim lawan.

2.4 Ponton

2.4.1 Tinjauan Umum

Tongkang atau Ponton adalah suatu jenis kapal dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung.

Ponton digunakan juga untuk mengangkut mobil menyeberangi sungai, didaerah yang belum memiliki jembatan. Sangat banyak digunakan pada tahun 1960an hingga 1980an di jalur lintas Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Papua. Sekarang sebagian besar sudah digantikan dengan jembatan. (<http://www.wikipedia.com>)



Gambar 2.11. Contoh penggunaan ponton pada crane

(<http://www.rn-salvamento.com>)

Ponton dapat digunakan untuk bangunan apung yang diam maupun bergerak. Untuk bangunan apung yang diam, ponton tidak dilengkapi dengan mesin pendorong melainkan hanya mesin bantu, pompa, dan mesin pendukung lainnya bahkan tidak memiliki mesin sama sekali. Contoh penggunaan ponton yang kondisi operasinya pada kondisi diam antara lain pada, dok terapung, jembatan apung, *crane* terapung, dll. Sementara untuk ponton yang digunakan untuk bangunan apung yang bergerak biasanya dilengkapi dengan mesin pendorong atau ditarik dengan kapal tunda. Misalnya pada kapal tongkang, *self propelled barge*, dll.

Untuk meningkatkan kestabilan ponton, biasanya digunakan beberapa ponton yang digabungkan secara paralel. Oleh karena itu pada penelitian ini, kapal terdiri atas dua buah ponton secara melintang yang berfungsi untuk meningkatkan kestabilan. Dan secara keseluruhan, ponton dibagi menjadi 6 segmen untuk memudahkan proses perbaikan kapal apabila terjadi kebocoran. Sehingga dalam penelitian ini ponton lebih mendekati kapal jenis katamaran.

2.5 Aspek Teknis Perencanaan Kapal

2.5.1 Penentuan Kapasitas

Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kapasitas sebuah stadion apung, hal-hal tersebut antara lain :

- Jenis acara yang akan diselenggarakan. Di Indonesia, sebuah stadion biasanya digunakan untuk pertandingan sebuah liga sepakbola. Untuk standar kapasitas Liga Indonesia (baik ISL, Divisi Utama, dll), PSSI biasanya masih memberi izin untuk stadion dengan kapasitas dibawah 5.000 penonton. Namun, mengingat Indonesia yang tengah mengajukan diri menjadi tuan rumah Piala Dunia 2022. FIFA mensyaratkan sebuah stadion mempunyai kapasitas minimal sebanyak 40.000 penonton untuk menyelenggarakan Piala Dunia.
- Antusiasme masyarakat setempat terhadap sepakbola. Di Jakarta, terdapat dua klub sepakbola yang memiliki jumlah suporter yang besar, yaitu; Persija dan Persitara. Selain itu, Jakarta kerap menjadi kota penyelenggara acara-acara sepakbola baik lokal maupun internasional yang mana masyarakat pun selalu antusias memenuhi stadion. Oleh karena itu diperlukan stadion dengan kapasitas besar untuk menampung jumlah penonton yang hadir.

- Biaya operasional dan perawatan stadion. Dengan kapasitas yang besar, diharapkan pengelola atau pemilik stadion mendapat penghasilan yang besar dari penjualan tiket. Dari penghasilan tersebut, diharapkan dapat menutupi pengeluaran untuk biaya operasional dan perawatan stadion.
- Kemampuan untuk reparasi di dok. Stadion tidak dirancang terlalu besar sehingga mengharuskan bentuk badan kapal yang besar sehingga menyulitkan naik dok untuk direparasi. Namun juga tidak terlalu kecil, sehingga pemasukan dari penjualan tiket lebih kecil daripada biaya operasional dan perawatan.

2.5.2 Penentuan Ukuran Utama

Ukuran utama bangunan ini ditentukan oleh hal-hal berikut:

- Karakteristik daerah operasi
Perairan Teluk Jakarta memiliki kedalaman rata-rata 3 m pada jarak < 1 km dari garis pantai dan yang paling dalam hingga lebih dari 20 m pada jarak > 5 km. Dan juga dengan pertimbangan kemudahan dan kecepatan pemindahan penonton dari darat ke stadion apung. Hal ini berpengaruh pada penentuan sarat bangunan ini agar jangan sampai bangunan kandas saat pengoperasiannya.
- Kebutuhan daya apung, daya apung cadangan, dan stabilitas
Badan kapal dari stadion apung harus memiliki daya apung yang cukup untuk menopang konstruksi stadion di atasnya juga seluruh penonton berikut tanah dan peralatan pertandingan lainnya. Selain badan kapal juga harus memenuhi batasan stabilitas dari IMO. Semua itu akan berpengaruh pada lebar dan tinggi dari badan kapal.
- Kebutuhan akomodasi pemain dan pelatih
Agar lebih efisien, sebaiknya stadion juga disediakan kebutuhan akomodasi pemain, pelatih, berikut para staf. Hal ini berpengaruh pada keseluruhan ukuran utama kapal, baik panjang, lebar, maupun tinggi dan sarat.
- Kapasitas penonton, ukuran lapangan, dan desain stadion
Kapasitas penonton berpengaruh pada desain stadion. Desain stadion dan ukuran lapangan berpengaruh pada kebutuhan daya apung dan stabilitas. Daya apung dan stabilitas berpengaruh pada ukuran utama.

- Kebutuhan ruangan berdasarkan standar FIFA
Untuk perhelatan-perhelatan sepakbola yang berada dibawah naungan FIFA, tentu dibutuhkan stadion yang terdapat ruangan-ruangan yang ukurannya memenuhi standar FIFA. Hal ini juga mempengaruhi ukuran utama.
- Kenyamanan & keamanan jalannya pertandingan
Sebagai contoh, tentunya tidak mungkin meletakkan alat tambat di area dek dimana penonton kemungkinan besar akan berkumpul. Dan tentu akan membutuhkan dek khusus, yang tidak terjangkau penonton, untuk alat tambat. Oleh sebab itu diperlukan penambahan tinggi kapal karena pertimbangan tersebut.
- Harga dan biaya operasional
Harga dan biaya operasional tentu amat sangat dipengaruhi oleh konstruksi. Konstruksi pasti amat dipengaruhi oleh ukuran utama.

2.5.3 Hambatan

Perhitungan hambatan pada stadion apung sebenarnya tidak perlu dilakukan. Hal ini karena stadion apung dirancang untuk beroperasi dalam keadaan diam di suatu tempat dalam waktu yang lama. Namun karena adanya kemungkinan stadion ini untuk disewakan dan dijual-belian, tentu ada kemungkinan juga stadion ini untuk berpindah tempat akibat pergantian penyewa atau pemilik. Dan tentu amat besar kemungkinan, penyewa atau pemilik yang baru tidak berada di daerah operasional stadion ini sebelumnya. Maka untuk mengetahui berapa besar daya kapal tunda yang diperlukan untuk menarik bangunan ini untuk berpindah tempat, dilakukanlah perhitungan hambatan.

Hambatan total kapal berlambung ganda tidak dapat diperhitungkan dengan akurat secara teoritis. Hal ini disebabkan adanya kompleksitas aliran disekeliling badan kapal. Pengujian model dan metode teoritis memungkinkan dihasilkannya desain yang optimal. Komponen kekentalan yang proporsional dengan luas permukaan basah amat berperan dalam menentukan harga hambatan. (V.Dubrovsky dkk, 1976)

Dan hambatan total dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R_T = 0.5 C_T \rho V_m^2 S_w$$

dimana:

C_T = koefisien hambatan total dari ITTC-78

ρ = massa jenis cairan (kg/m^3)

V_m = kecepatan (m/s)

S_w = luas permukaan basah (m^2)

Kemudian dari hambatan total yang didapat, maka daya yang efektif untuk menarik bangunan stadion ini adalah sebesar:

$$\text{EHP} = R_T \cdot V_S$$

dimana :

EHP = daya efektif untuk menarik stadion apung (HP)

V_S = kecepatan tunda (m/s)

Untuk kapal dengan bangunan atas yang tinggi, hambatan angin amat berpengaruh pada kestabilan dan kekuatan dari kapal tersebut. Taylor (1943) memberikan rumus untuk menghitung hambatan angin yaitu,

$$R_{AA} = 1,28 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot A_T \cdot (V_R)^2$$

dimana:

A_T = luas proyeksi kapal (m^2)

V_R = kecepatan angin (knot)

2.5.4 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mengalami gangguan pada posisi tersebut. Perhitungan stabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah kapal mampu untuk kembali kepada kedudukan semula atau tidak pada sudut-sudut kemiringan tertentu. Kondisi stabilitas suatu benda maupun sebuah kapal dapat dinyatakan dalam tiga keadaan, yaitu:

a. Kondisi stabil

Yaitu kondisi stabilitas suatu benda maupun sebuah kapal, yang apabila benda atau kapal tersebut diganggu dari posisi awalnya, maka benda atau kapal tersebut memiliki kemampuan untuk mengembalikan posisinya kedalam keadaan semula. Dalam sebuah kapal atau bangunan terapung, kondisi stabil disebabkan kapal memiliki momen kopel yang dapat membalikan kapal ke kondisi awal.

b. Kondisi netral

Adalah kondisi apabila suatu benda, khususnya bangunan apung, apabila diganggu dari posisi awalnya maka akan tetap berada pada posisi barunya jika tidak diberi gangguan lagi. Dalam sebuah bangunan apung, keadaan ini disebabkan tidak adanya

momen kopel untuk membalikan kepada keadaan awal, namun momen kopel yang menyebabkan kapal menjadi oleng lebih jauh juga tidak ada.

c. Kondisi labil

Adalah kondisi dimana suatu benda apabila diganggu dari posisi awalnya, maka benda tersebut akan terus berubah hingga berhenti pada keadaan tertentu. Dalam sebuah bangunan apung, keadaan labil disebabkan karena adanya momen kopel yang terus bekerja untuk merubah posisi benda dari posisi awal hingga momen kopel tersebut hilang.

Kemampuan stabilitas sebuah bangunan apung dinyatakan dalam kurva stabilitas statis dan dinamis. Kapal yang memiliki bentuk lambung ganda, maka kurva stabilitas statis dan dinamis dapat dihitung dengan metode yang sama dengan kapal berlambung tunggal (Lyakhovitsky, 2001). Karena jika stabilitas statis dan dinamis dari sebuah ukuran utama kapal berlambung tunggal sudah memenuhi standar IMO, maka dengan sendirinya juga berlaku untuk kapal berlambung ganda karena secara alami kapal berlambung ganda memiliki stabilitas yang lebih baik dibanding kapal berlambung tunggal. (Bramadita, 2005)

Untuk lengan stabilitas statis, perhitungan menggunakan metode Barnhart & Thewlis dalam buku *The Theory and Technique of Ship Design* (Manning, 1959) dengan rumus:

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \varphi$$

Dimana perhitungan ini dilakukan dengan memasukan data:

- ukuran utama kapal (L , B_w , B , H , D_M)
- sheer S_F , S_A (untuk sheer)
- panjang dan tinggi bangunan atas yang selebar kapal (L_d dan d): poop $0.3 - 0.35L$ dan forecastle $0.15L$, tinggi menurut peraturan freeboard
- koefisien bentuk (C_W , C_X)
- tinggi titik berat KG didapat dari hitungan titik berat gabungan
- pembacaan Fig. A-14 untuk faktor h_0 , h_1 , dan h_2 ,
 - h_0 dibaca dari garis $f = 0$, dengan pers.: $h_0 = C_{PV}/3 + 1/6 = (2C_{PV} + 1)/6$
 - h_1 dibaca dari garis $f = 0.5$, dengan pers.: $h_1 = 1/15 + 19C_{PV}/30 - 0.2C_{PV}^2 = (2 + 19C_{PV} - 6 C_{PV}^2)/30$
 - h_2 dibaca dari garis $f = 1.0$, dengan pers.: $h_2 = -7/30 + 158C_{PV}/90 - 44C_{PV}^2/30 + 4C_{PV}^3/9 = (-21 + 158C_{PV} - 132C_{PV}^2 + 40C_{PV}^3)/90$
- Fig. A-15 untuk faktor C_I dan C_I'
 - C_I dibaca dari line 1, dengan pers.: $C_I = (3C_W + 22C_W^2)/300$

- C_1' dibaca dari line 2, dengan pers.: $C_1' = (38C_w - 13)/300$

Batasan tersebut adalah regulasi dan persyaratan stabilitas yang mengacu pada *International Code on Intact Stability 2008*:

a. $e_{0,30} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ m. rad}$.

b. $e_{0,40} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09 \text{ m. rad}$.

c. $e_{30,40} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ meter}$

d. $h_{30} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ minimum 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.

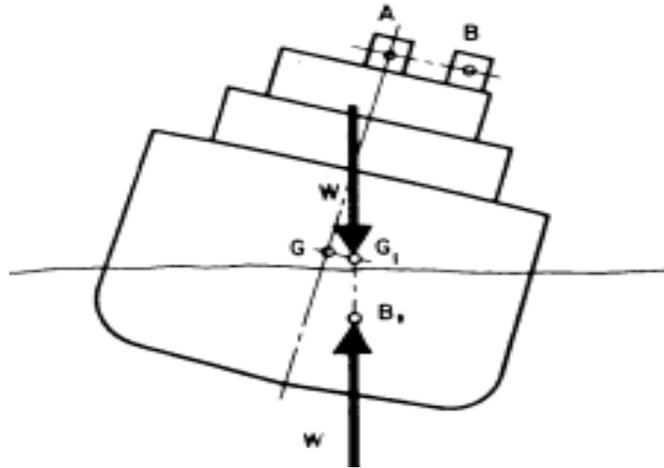
e. h_{\max} pada $\phi_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25° . Namun jika hal ini tidak dapat dilaksanakan, maka kriteria alternatif berdasarkan tingkat keamanan yang sama dapat dilakukan berdasarkan persetujuan admisnistrasi.

f. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter

Stadion apung tidak hanya diharuskan memiliki stabilitas yang memenuhi syarat, tetapi stadion apung juga tidak boleh mengalami oleng dan trim pada sudut tertentu. Karena jika diibaratkan stadion apung adalah sebuah kapal, maka perubahan posisi muatan akan berpengaruh pada perubahan titik berat kapal. Dan jika sudut oleng dan trim melebihi batasan, maka dikhawatirkan dapat mengganggu jalannya pertandingan. Dan untuk menentukan berapa besarnya sudut oleng dan trim tersebut tentu harus dilakukan percobaan yang lebih akurat di lapangan.



Gambar 2.12. Perubahan posisi muatan pada kapal

(Ship Design Design & Construction, Robert Taggart)

Sudut oleng dan trim yang dialami kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{arc tan } \theta = \frac{w \cdot d}{\Delta \cdot MG}$$

Dimana;

θ = sudut oleng (derajat)

w = berat kru dan penumpang (ton)

Δ = displasemen kapal, termasuk berat kru dan penumpang (ton)

MG = jarak titik metasenter ke pusat massa kapal (m)

d = jarak kru dan penumpang dari pusat massa kapal (m)

2.5.5 Periode Oleng

Periode oleng adalah waktu yang diperlukan sebuah kapal untuk kembali pada posisi awalnya setelah mengalami oleng ke kanan dan ke kiri. Periode oleng amat ditentukan oleh titik MG. karena semakin besar titik MG semakin kecil periode oleng dari kapal tersebut. Sebaliknya jika titik MG dari dari sebuah kapal semakin kecil maka periode olengnya semakin besar. Besar kecilnya periode oleng juga dipengaruhi oleh besar kecilnya muatan yang dimuati dalam kapal tersebut (Derret dkk, 2001). Untuk menghitung berapa besarnya periode oleng dari sebuah kapal Derret dkk memberikan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{2K}{\sqrt{GM}}$$

dimana;

T = periode oleng (sekon)

K = radius girasi (m)

GM = jarak titik metasenter ke pusat massa kapal (m)

2.5.6 Berat Kapal

Berat kapal adalah penjumlahan dari DWT (*Dead Weight Tonnage*) dan LWT (*Light Weight Tonnage*). Dimana keduanya memiliki sedikit perbedaan dengan kapal pada umumnya.

LWT pada stadion apung terdiri dari:

- Berat konstruksi
- Berat peralatan dan mesin tambat
- Berat layar besar (2 buah)
- Berat peralatan akomodasi (contoh: wc, kursi, meja, lampu, dll)
- Berat mesin pembangkit (*generator*), sistem pompa, & sistem perpipaan
- Berat tanah lapangan & peralatan pertandingan
- Berat kursi penonton
- Margin

Sementara, DWT pada stadion apung terdiri dari:

- Berat penonton, kru, dan karyawan
- Berat perbekalan pemain, staf, panitia, karyawan, dan penonton
- Berat air tawar
- Berat bahan bakar mesin pembangkit
- Berat minyak pelumas

Dalam penelitian ini baik berat LWT maupun DWT jumlahnya dihitung berdasarkan desain rencana umum yang telah dibuat sebelumnya. Dan berat masing-masing peralatan didapat dari spesifikasi produk dipasaran.

2.5.7 Lambung Timbul

Lambung timbul adalah selisih sarat dengan tinggi badan kapal. Sarat yang digunakan untuk menghitung lambung timbul adalah sarat saat musim panas. Lambung timbul digunakan untuk memberi daya apung cadangan pada kapal untuk menjamin keselamatan penumpang. Tinggi lambung timbul dihitung pada *midship*. Dimana tinggi lambung timbul dihitung dari atas lunas sampai bawah geladak lambung timbul.

Pada penelitian ini, lambung timbul akan didapatkan setelah perhitungan displasemen dilakukan. Lambung timbul yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada pada *International Convention on Load Lines 1966, Protocol of 1988, Consolidated Edition 2005*.

2.5.8 Kebutuhan Daya Listrik

Daya listrik digunakan untuk memenuhi kebutuhan akomodasi dan operasional pertandingan. Daya listrik pada stadion apung digunakan untuk menyalakan pompa, lampu, layar besar, papan reklame, dll. Besarnya kebutuhan daya listrik didapat dari merinci peralatan apa saja yang kira-kira digunakan di bangunan tersebut. Dimana perincian peralatan didapat setelah melakukan desain rencana umum pada stadion apung tersebut. Dari total kebutuhan daya listrik akan didapat jenis dan tipe mesin pembangkit yang akan digunakan di bangunan apung ini.

2.6 Trim

Trim adalah kondisi kapal mengalami perbedaan ketinggian sarat depan dan sarat belakang. Trim pada kapal dan bangunan apung disebabkan oleh penyebaran gaya berat yang tidak merata. Sebenarnya trim adalah hal alami yang pasti terjadi di setiap bangunan apung. Namun besarnya berbeda-beda, bahkan jika terlalu kecil dapat dianggap tidak ada. Untuk menghitung besarnya trim yang terjadi, Parson (2001) memberikan rumus,

Trim = sarat belakang - sarat depan

$$= \frac{(LCG - LCB)L}{GM_L}$$

2.7 Tinjauan Ekonomis

Ada dua persoalan ekonomis dalam pembangunan sebuah stadion apung, yaitu biaya pembangunan dan biaya operasional.

2.7.1 Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kapal terdiri dari biaya konstruksi, biaya sistem pendukung (*outfitting*), biaya pengadaan mesin, biaya pengadaan layar besar, biaya pengadaan kursi penonton, biaya pengadaan tanah rumput, dll. Untuk biaya sistem pendukung (*outfitting*) dan konstruksi digunakan data dari buku *Practical Ship Design volume I* (Watson, 1998) pada fig. 18.10 dan

fig. 18.11 berdasarkan harga per ton. Sementara biaya pengadaan kursi penonton, rumput, layar besar, dll didapat dari spesifikasi produk di pasaran.

2.7.2 Biaya Operasional

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan agar stadion apung dapat menyelenggarakan acara sesuai fungsinya. Biaya operasional stadion apung terdiri dari:

1. Biaya konsumsi harian, yaitu biaya yang pasti dikeluarkan baik saat menyelenggarakan pertandingan atau acara, saat pemusatan latihan pemain, dan saat kapal dalam keadaan tidak beroperasi atau hanya saat hanya ada karyawan. Biaya konsumsi harian terdiri dari: biaya air tawar, biaya bahan bakar mesin pembangkit, biaya minyak pelumas, biaya konsumsi, dan biaya tambahan lainnya.
2. Gaji pegawai dan kru pendukung, yaitu biaya yang dikeluarkan setiap bulannya untuk karyawan tetap maupun untuk kru pendukung pertandingan. Biaya ini terdiri dari: gaji karyawan, biaya dokter, biaya keamanan pertandingan (polisi), dan biaya untuk penyelenggara pertandingan.
3. Biaya perawatan, yaitu biaya yang dikeluarkan agar setiap bagian dari stadion apung dapat berjalan sesuai fungsinya. Biaya perawatan terdiri dari: biaya suku cadang (contoh: lampu, rantai, tali, dll), biaya perawatan lapangan (contoh: pupuk, penyiraman, dll), biaya kebersihan (contoh: bahan kimia pembersih, alat kebersihan, dll), dll.

BAB III

TINJAUAN DAERAH

1.1 Tinjauan Umum Perairan Teluk Jakarta



Gambar 3.1. Peta teluk Jakarta

(<http://newsandfeaturesonindonesia.blogspot.com>)

Teluk Jakarta adalah sebuah teluk di perairan Laut Jawa yang terletak di sebelah utara Provinsi DKI Jakarta. Di teluk ini, bermuara 13 sungai yang membelah Kota Jakarta yang berpenduduk sekitar 20 juta jiwa. Kawasan Teluk Jakarta merupakan kawasan perairan yang ramai karena letaknya strategis yaitu selain menjadi penopang pelabuhan Tanjung Priok, diperairan ini juga terdapat gugusan pulau-pulau indah yang merupakan bagian dari Kepulauan Seribu. Disamping itu juga banyak aktivitas penangkapan ikan oleh nelayan lokal di kawasan perairan ini. Perairan Teluk Jakarta adalah kawasan perairan yang memiliki peran vital dalam menopang kegiatan perekonomian disekitar ibukota. Alur pelayarannya termasuk yang terpadat di Indonesia karena berbagai jenis kapal barang dan penumpang dengan berbagai ukuran hilir mudik setiap harinya.

Ditinjau dari segi potensi wisatanya, beberapa gugus kepulauan yang merupakan bagian dari Kepulauan Seribu di kawasan ini merupakan kawasan yang masih berpotensi untuk dikembangkan menjadi destinasi wisata nasional, bahkan internasional. Hal ini karena di kawasan ini juga terdapat sebuah zona konservasi berupa taman nasional laut bernama

Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu. Sebagai daerah yang sebagian besar wilayahnya merupakan perairan dan di dalamnya juga terdapat zona konservasi, maka tidaklah mengherankan jika pengembangan wilayah kabupaten ini lebih ditekankan pada pengembangan budidaya laut dan pariwisata.

1.2 Tinjauan Geografis Perairan Teluk Jakarta

Teluk Jakarta luas totalnya sekita 514 km². Perairan ini merupakan perairan dangkal dengan kedalaman rata-rata 15 m. Kepulauan Seribu yang terdiri dari 108 pulau merupakan gugusan kepulauan yang ada di Teluk Jakarta. Pada penelitian ini, area Teluk Jakarta yang menjadi objek penelitian secara geografis berada di antara Tanjung Karawang di sebelah timur dan Tanjung Pasir di sebelah barat ini memiliki luas 285 km² dengan garis pantai sepanjang 33 km serta kedalaman rata-rata perairan 8,4 m. batas teluk ini antara 106,40 dan 107,0, garis bujur. Terdapat 13 sungai dengan total debit air rata-rata 112,7 m³/ detik yang mengalir ke Teluk Jakarta.

Teluk ini terbentuk akibat menjoroknya Tanjung Karawang di bagian timur, dan Tanjung Kait di bagian barat, ke Laut Jawa. Lebar terbesar mulut teluk ini 40 km, sedangkan jarak lurus dari Tanjung Karawang ke dataran Jakarta lebih dari 15 km. di teluk ini terletak Tanjung Priok, pelabuhan terbesar di Indonesia yang juga menjadi pusat kegiatan ekspor dan impor. Di barat Tanjung Priok terletak pelabuhan Sunda Kelapa, Pasar Ikan yang memasok ikan ke seluruh Jakarta. Sunda Kelapa juga menjadi pusat pelabuhan perahu layar Phinisi dan Lambo. Marunda, perkampungan nelayan, terletak di sebelahnya.

Batas daratan Teluk Jakarta meliputi: Barat dibatasi oleh Cisadane yang membentuk delta dan batas Teluk Jakarta; Timur dibatasi Kali Bekasi dan Citarum yang membentuk delta. Berdasarkan pengendapan lumpur di tepi pantai ini, maka tanah Teluk Jakarta berumur 5.000 tahun. Sungai-sungai seperti Ciliwung, Kali Angke, Kali Marunda, Cisadane, Kali Bekasi, dan Citarum semuanya terletak di daerah yang membentuk teluk Jakarta.

Dataran *alluvial* daerah Jakarta dan sekitarnya terjadi karena pengendapan lumpur dari daerah pegunungan yang dibawa Sungai Cisadane, Ciliwung, Kali Bekasi, dsb. Endapan puing yang berbentuk kipas dari Bogor yang terdiri dari bahan-bahan vulkanis yang berasal dari gunung-gunung api Pangrango, Gede, dan Salak.(Pramoko, 2013)

1.3 Fasilitas Stadion di Jakarta

Di Jakarta terdapat banyak stadion. Dan kebanyakan dimiliki oleh pihak swasta. Hampir semua stadion tidak layak untuk menyelenggarakan kompetisi level nasional mengingat kapasitas dan kondisi stadion yang amat tidak layak. Dan yang banyak dikenal masyarakat diantaranya, Stadion Utama Gelora Bung Karno, Stadion Kamal Muara, Stadion Soemantri Brojonegoro, Stadion Lebak Bulus, dan Stadion Ragunan. Diantara semua stadion yang banyak di kenal masyarakat, tidak semua memenuhi syarat bahkan hanya untuk menyelenggarakan pertandingan dengan level liga nasional. Hanya Stadion Utama Gelora Bung Karno, Stadion Kamal Muara, dan Stadion Lebak Bulus saja yang layak untuk menyelenggarakan liga sepakbola nasional.



Gambar 3.2. Stadion Kamal Muara

(<http://stadion-nusantara.blogspot.com>)

Diantara stadion yang layak untuk menggelar liga nasional (kapasitas minimum 5.000 penonton), Stadion Lebak Bulus rencananya akan digusur dalam waktu dekat untuk digantikan dengan MRT (*Mass Rapid Transportation*). Stadion Kamal Muara tidak layak untuk menggelar pertandingan level internasional karena kualitas lapangan yang buruk. Sementara, Stadion Utama Gelora Bung Karno merupakan kandang dari Tim Nasional Indonesia dan kerap digunakan untuk acara selain sepakbola (contoh: konser, kampanye, dll).



Gambar 3.3. Stadion Lebak Bulus

(<http://dwikranjcar.blogspot.com>)

Saat ini, Pemerintah Provinsi DKI merencanakan pembangunan Stadion BMW di kawasan Jakarta Utara. Dengan rencana ini tentunya akan dilakukan pembebasan lahan yang memakan biaya yang tidak sedikit. Belum lagi negosiasi harga dengan masyarakat sekitar yang tentu akan menempuh proses yang berliku. Ditambah masalah kemacetan yang pasti akan ditimbulkan saat pembangunan dan pengoperasiannya kelak. Biaya pembangunannya pun mencapai nominal 1 triliun rupiah. Hingga pertengahan tahun 2014 ini, belum ada pekerjaan pembangunan yang dilakukan di wilayah tersebut.

1.4 Potensi Industri Sepakbola di Indonesia

Jumlah penonton Liga Super Indonesia (ISL) menduduki posisi 5 besar dari belasan kompetisi sepakbola dibawah AFC (*Asian Football Confederation*). Untuk musim 2011/2012 lalu, jumlah penonton ISL sebesar 3.129.663 orang atau 10.228 orang untuk tiap pertandingannya. Jumlah ini adalah yang terbesar di kawasan ASEAN, diatas *Thai Premiere League* (TPL), *Vietnam League* (*V. League*), dan Liga Super Malaysia.

Meski tertinggi di ASEAN, rata-rata penonton di pertandingan ISL dalam dua tahun terakhir mengalami penurunan. Musim 2011/2012, rata-rata penonton ISL mengalami penurunan 7,9% dibandingkan musim 2010/2011. Serta mengalami penurunan sebesar 1,9% dibanding musim 2009/2010. Hal ini disebabkan oleh hilangnya beberapa klub ISL yang memiliki pendukung fanatik seperti; Persebaya, PSM Makassar, dan Persik Kediri. Beruntung, hilangnya ketiga klub tersebut digantikan oleh beberapa klub yang promosi dan memiliki jumlah pendukung yang besar seperti; Gresik United dan PSMS Medan.

Untuk musim 2011/2012 sebanyak 8 dari 12 peserta ISL mengalami penurunan jumlah penonton di atas 20% seperti Persipura dan Persija (22,5%) serta Arema Indonesia (21,5%). Prosentase penurunan penonton tertinggi dialami PSPS sebesar 50,1% disusul Persija sebesar 38,6%. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

- a. perpindahan stadion
- b. menurunnya prestasi
- c. format kompetisi yang tidak jelas
- d. klub yang menjadi juara bertahan sehingga penonton merasa kurang tertantang untuk mendukung
- e. tidak adanya pemain bintang, pemain baru, atau pindahnya beberapa pemain

Hal yang berbeda justru dialami oleh 4 klub lainnya, yaitu; Persib Bandung, Sriwijaya FC, Persela Lamongan, dan Deltras Sidoarjo. Sriwijaya FC mencatatkan pertumbuhan terbesar sebanyak 105,4%. Pertumbuhan ini dicapai berkat naiknya rata-rata jumlah penonton dipertandingan laga kandang dari 10.370 orang di musim 2010/2011 menjadi 21.299 orang di musim 2011/2012. Kedua dialami Persela Lamongan sebesar 28,4% dengan 8.220 orang pada musim 2010/2011 menjadi 10.552 orang pada musim 2011/2012. Disusul Deltras Sidoarjo di peringkat ketiga dengan 24% (rata-rata 6.783 orang pada 2010/2011 menjadi 8.414 orang pada 2011/2012). Terakhir, Persib menguntit di posisi keempat dengan 1,9% dari 16.948 orang menjadi 17.269 orang.

Nama Klub	Musim 2009/2010			Musim 2010/2011			Musim 2011/2012		
	Total Penonton	Rata-Rata	Perkembangan(%)	Total Penonton	Rata-Rata	Perkembangan(%)	Total Penonton	Rata-Rata	Perkembangan(%)
Arema Indonesia	473626	27860	n/a	283009	20215	-27.4	269795	15870	-21.5
Persija	352861	20757	n/a	259715	18551	-10.6	244435	14379	-22.5
Persib	314533	18502	n/a	237269	16948	-8.4	293571	17269	1.9
PSPS	284122	16713	n/a	159339	11381	-31.9	96503	5677	-50.1
Persebaya	245510	14442	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Persipura	233702	13747	n/a	277689	19835	44.3	261345	15373	-22.5
Sriwijaya	199153	11715	n/a	145174	10370	-11.5	362079	21299	105.4
Persisam Putra	180053	10591	n/a	167183	11942	12.7	202352	11903	-0.3
Persik	178956	10527	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
PSM Makassar	171368	10082	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Persijap	160323	9431	n/a	91798	6557	-30.5	n/a	n/a	n/a
Persela	128552	7562	n/a	115081	8220	8.7	179380	10552	28.4
Bontang FC	118130	6949	n/a	61425	4388	-36.9	n/a	n/a	n/a
Persema	105923	6231	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Persiwa	103871	6110	n/a	163183	11656	90.8	121591	7152	-38.6
Persiba	84500	4971	n/a	62903	4493	-9.6	75037	4414	-1.8
Pelita Jaya	78692	4629	n/a	88548	6325	36.6	101670	5981	-5.4
Persitara	49775	2928	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Semen Padang	n/a	n/a	n/a	124373	8884	n/a	n/a	n/a	n/a
Deltras Sidoarjo	n/a	n/a	n/a	94965	6783	n/a	143045	8414	24.0
Gresik United	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	257294	15135	n/a
PSMS Medan	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	195383	11493	n/a
Mitra Kukar	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	97835	5755	n/a
Persidafon	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	83889	4935	n/a
PSAP Sigli	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	83069	4886	n/a
Persiram	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	61390	3611	n/a
Total	3463670	11319	n/a	2331654	11103	-1.9	3129663	10228	-7.9

Gambar 3.4. Jumlah penonton ISL

(<http://www.aremania.net>)

Faktor prestasi turut mendongkrak animo penonton. Sriwijaya FC yang berhasil merengkuh dua gelar sekaligus pada musim 2007/2008 membuat penonton berduyung-duyun datang ke Gelora Jakabaring. Hal yang sama juga dialami Persela Lamongan. Sejak berhasil mencapai posisi ke-4 ISL musim 2011/2012, Stadion Surajaya (kandang Persela) yang berkapasitas 15.000 orang selalu dipenuhi penonton.

Beberapa klub berhasil menaikkan jumlah penonton yang hadir karena berhasil merebut perhatian pendukungnya. Faktor-faktor yang menjadi pemikat tersebut antara lain: prestasi tim, rekrutmen pemain bintang, harga tiket, maupun fasilitas yang memanjakan penonton untuk hadir di stadion. Sebagai contoh Arema Indonesia yang berhasil menaikkan jumlah penonton yang hadir sebanyak 62% hingga akhir musim 2012/2013. Dengan tiket terendah sebesar Rp 25.000,- dan rata-rata 25.671 orang memadati sebelas pertandingan sisa pada musim 2012/2013, maka panitia pelaksana memperoleh dana segar minimal 7 miliar rupiah dari hasil penjualan tiket penonton tersebut.

Faktor lain yang tak kalah penting dalam menumbuhkan animo penonton waktu pertandingan. Animo penonton sangat baik dalam dua tahun terakhir jika pertandingan digelar pada akhir pekan (sabtu-minggu) jika dibandingkan hari kerja (senin-jum'at).

Masalah tempat pertandingan juga menentukan sukses tidaknya klub dalam mendatangkan penonton dalam jumlah besar. Beberapa klub sempat mengalami laga usiran akibat tidak mendapat izin keamanan dari otoritas setempat atau kondisi infrastruktur stadion yang tidak sesuai dengan syarat yang ditetapkan oleh penyelenggara kompetisi.

Tanpa izin tersebut, klub tak dapat menggelar laga kandang dan berakibat fatal. Pilihan logis bagi klub tersebut adalah menggelar laga usiran di luar kota atau bertanding di kandang tanpa penonton. Imbasnya kerugian panitia pelaksana tidak sedikit. Laga usiran merupakan sesuatu hal yang amat disayangkan bagi klub yang menggantungkan dananya dari sektor penjualan tiket (<http://www.aremania.net>).

1.5 Potensi Industri Sepakbola di DKI Jakarta

Beberapa dekade lalu pernah berdiri beberapa klub profesional dari DKI Jakarta yang mengikuti kompetisi kasta pertama dan kedua PSSI. Klub-klub tersebut diantaranya Persija, PSJS Jakarta Selatan, Persija Timor, Persitara Jakarta Utara, hingga Pelita Jaya. Saat perpecahan kompetisi terjadi antara Liga Super Indonesia dan Liga Primer Indonesia terjadi, muncul dua klub baru dari DKI Jakarta yakni, Batavia Union dan Jakarta 1928. Selain itu masih ada lagi Persija Jakarta Barat dan Kemayoran FC yang belum lama berdiri.

Satu persatu klub diatas mulai berguguran dan menerima kenyataan pahit bahwa mendapatkan penonton yang banyak ibarat harus memenangkan pertarungan di hutan rimba. Persija Timor kini telah berganti nama dan tempat menjadi Sriwijaya FC di Palembang. Pelita Jaya sempat bertahan dengan berpindah nama dan tempat menjadi Pelita Jaya Karawang, namun akhirnya melebur menjadi Arema Cronus. Batavia Union dan Jakarta 1928 bubar bersamaan dengan bubarnya Liga Primer Indonesia. Persija Jakarta Barat betah berkompetisi di liga amatiran (<http://www.republika.com>).

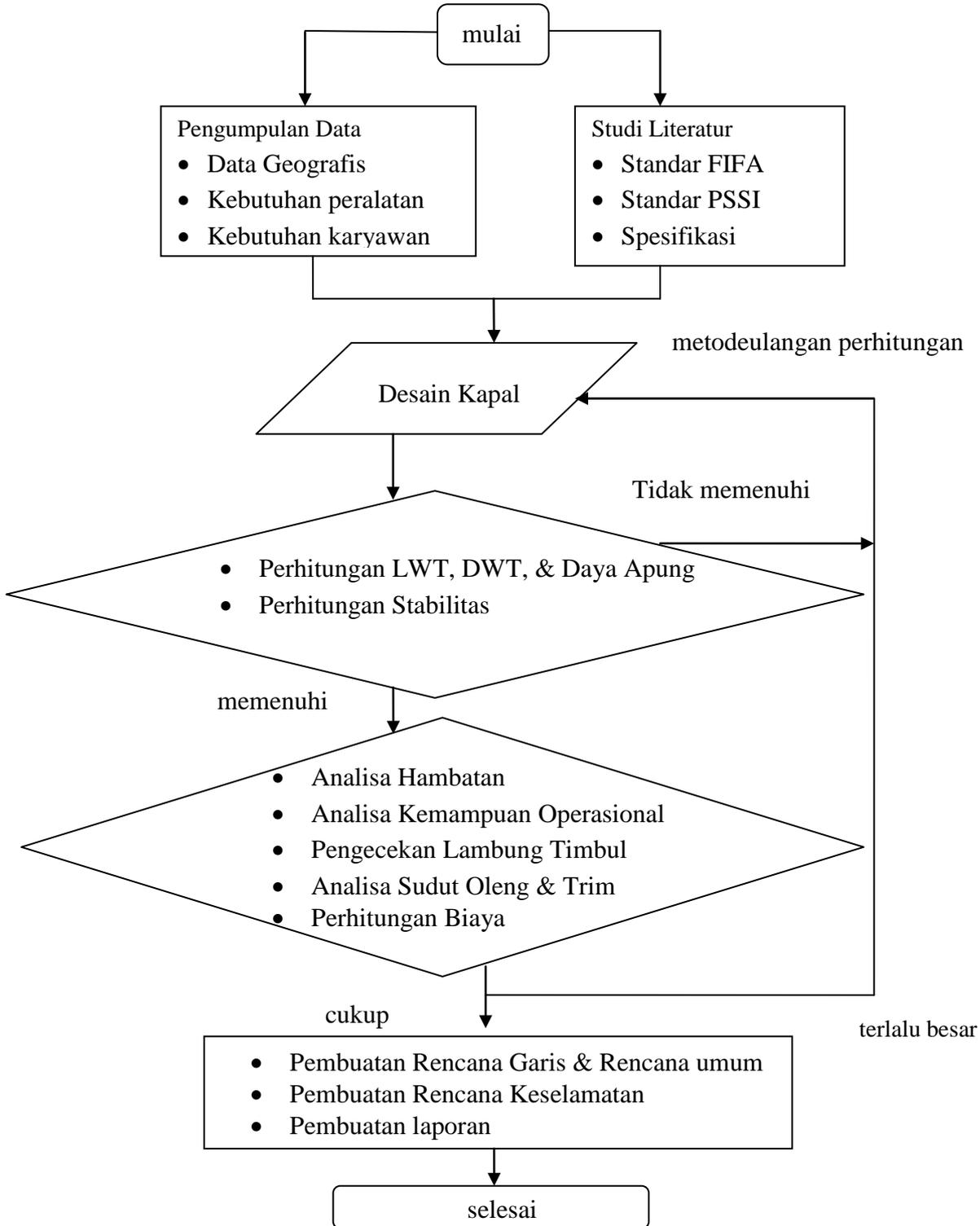
Hanya Persija dan Persitara yang kini masih bertahan dengan pendukung setia *The Jak* dan *North Jak*. Dimana mayoritas kedua pendukung tersebut diisi kaum menengah kebawah dan remaja. Kesan kriminal dan kekerasan melekat di masyarakat pada kedua kubu pendukung tersebut. Tercatat, rata-rata 10 ribuan kedua pendukung tersebut selalu setia mendukung kedua kesebelasan ibukota tersebut. Persija hingga kini bertahan cukup lama berkompetisi di ISL sementara Persitara kini tengah berjuang promosi ke ISL dari Divisi Utama Liga Indonesia.

Dengan penduduk DKI Jakarta yang berjumlah 20 jutaan dan terus bertambah setiap tahunnya, masih ada kesempatan bagi para pemilik modal dan investor untuk membangun bisnis sepakbola di DKI Jakarta. Dengan kesan pendukung sepakbola yang lebih ramah dan pemasaran yang lebih kreatif dan inovatif, banyak peluang yang masih bisa dimanfaatkan untuk membangun tim sepakbola dan menarik penonton dalam jumlah besar di DKI Jakarta.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Diagram Metodologi Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Metodologi Penelitian

4.2 Pendahuluan

Metodologi penelitian merupakan langkah pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan beserta metode pengerjaannya. Pada pembahasan ini akan dijelaskan tentang kerangka berfikir (*flowchart*) pengerjaan tugas akhir.

4.3 Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir

4.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi perkembangan teknologi perkapalan khususnya dalam bidang perancangan kapal trimaran. Pada tahap ini dilakukan studi pustaka terhadap berbagai referensi terkait dengan topik penelitian. Selain untuk memperoleh informasi terbaru, tahapan ini dilakukan untuk mencari konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang ada. Studi literatur ini juga meliputi pencarian referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian sebelumnya.

4.3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui kondisi sebenarnya dari stadion-stadion yang sudah berdiri untuk dijadikan acuan. Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan bertanya langsung pada pengurus stadion dan pengamatan langsung pada stadion yang dijadikan referensi. Hasil dari pengumpulan data ini kemudian dijadikan bahan pertimbangan dalam proses desain yang menggunakan metode iterasi dari perancangan stadion apung ini. Data yang digunakan misalnya, jumlah lampu yang digunakan, jumlah pompa, jumlah ruangan, dll.

Tempat yang dipilih untuk melaksanakan pengumpulan data adalah Stadion Gelora 10 Nopember Surabaya. Tempat tersebut dipilih karena rutin menyelenggarakan pertandingan liga domestik dan pernah digunakan untuk menyelenggarakan pertandingan Liga Champion Asia.

4.3.3 Metode Desain Kapal

Menurut Santosa, I.G.M (1999) metode desain kapal terdiri secara atas beberapa jenis, antara lain metode statistik, metode kapal perbandingan, metode ulangan perhitungan, dan metode penyelesaian lengkap. Karena penelitian ini membahas tentang kapal jenis baru yang belum pernah dibuat, sementara metode statistik, metode kapal perbandingan, dan metode penyelesaian lengkap kurang sesuai jika digunakan dalam penelitian ini. Maka digunakanlah metode ulangan perhitungan karena dianggap paling sesuai untuk mendesain kapal jenis baru.

4.3.3.1 Metode Ulangan Perhitungan

Dengan metode ulangan perhitungan, penelitian ini diawali dengan menentukan ukuran utama awal. Selanjutnya dilakukanlah perhitungan awal pada stabilitas dan daya apung. Dari perhitungan yang didapat kemudian dilanjutkan dengan mendesain rencana umum dan rencana garis. Dari desain yang didapat dilakukanlah analisa-analisa mengenai sudut oleng, hambatan, stabilitas, kemampuan operasional, dll. Apabila ditemukan ketidaksesuaian dengan batasan-batasan yang digunakan dalam analisa, maka proses diulang dari penentuan ukuran utama awal hingga analisa. Apabila sesuai maka digunakanlah desain tersebut.

4.3.4 Desain Kapal

Dalam penelitian ini desain dibuat dalam beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut antara lain:

4.3.4.1 Menentukan ukuran lapangan yang digunakan

Ukuran lapangan dapat dipilih berdasarkan standar FIFA, dengan panjang lapangan sepakbola berkisar antara 90 - 120 m. Sementara untuk lebar berkisar antara 45 - 60 m.

4.3.4.2 Memperkirakan dan memberikan ukuran dari tribun dan ruang-ruang tambahan

Pada tahap ini ukuran jarak antara lapangan dan bangku penonton ditentukan. Setelah itu ukuran tribun diperkirakan panjang dan lebarnya. Ukuran jarak antara lapangan dan bangku penonton diberikan berdasarkan standar FIFA. Pemberian ukuran tribun didapat dengan memperkirakan bahwa tribun dapat menampung 45.000 orang berikut fasilitas penunjang, dengan ukuran lebar dari tiap tingkat tribun diberikan dari ukuran minimal FIFA yaitu 80 cm.

4.3.4.3 Membuat desain rencana umum bangunan atas

Rencana umum dibuat untuk keperluan akomodasi pemain dan pertandingan. Desain rencana umum mengacu pada aturan FIFA untuk ruangan pendukung pertandingan. Sementara ruang akomodasi didesain untuk dapat menampung seluruh pemain dan staf dengan ruangan-ruangan yang berisi fasilitas standar penunjang latihan tim sepakbola.

Dari data yang didapat, baik melalui pengamatan ke lapangan secara langsung maupun dari studi literatur, maka dibuatlah desain rencana umum bangunan atas yang berupa stadion. Bangunan atas di desain untuk dapat menampung penonton sebanyak 45.000 orang berikut dengan fasilitas penunjangnya seperti kamar kecil, restoran,

dll. Rencana umum bangunan atas didesain dengan mempertimbangkan kenyamanan dan keselamatan dari penonton.

4.3.4.4 Menentukan ukuran badan kapal

Ukuran badan kapal ditentukan setelah ukuran lapangan, ukuran tribun, dan ukuran ruang-ruang tambahan lain ditentukan. Ukuran utama badan kapal yang ditentukan meliputi panjang, lebar, tinggi, dan sarat.

Ukuran panjang dan lebar selain diberikan untuk penyediaan ruang pendukung juga diberikan untuk memberikan ruang yang luas untuk penonton menunggu diluar tribun sebelum pertandingan dimulai. Sementara sarat, diberikan dengan dengan memperkirakan kebutuhan daya apung dari panjang dan lebar yang telah diperkirakan lebih dahulu. Serta daya apung cadangan dengan memperkirakan lambung timbul.

4.3.4.5 Mendesain bentuk badan kapal

Setelah rencana umum bangunan atas selesai dibuat, maka dilanjutkan dengan pembuatan rencana garis badan kapal dari stadion apung. Rencana garis dibuat dengan cara membuat sendiri dengan bantuan software AutoCAD. Rencana garis akan disesuaikan sesuai dengan kebutuhan akan keselamatan dan kenyamanan dalam menyelenggarakan sebuah pertandingan maupun persiapan menjelang pertandingan. Kemampuan untuk melakukan perbaikan dan naik dok juga menjadi pertimbangan dalam mendesain rencana garis.

4.3.5 Perhitungan Awal

4.3.5.1 Perhitungan LWT, DWT, dan Daya Apung

Perhitungan LWT, DWT, dan daya apung dilakukan untuk memastikan apakah kapal memiliki kemampuan untuk mengapung atau tidak dalam kondisi muatan penuh pada bentuk desain kapal yang sudah didesain terlebih dahulu. Komponen berat LWT terdiri atas berat konstruksi, permesinan, dan peralatan. Sementara komponen DWT terdiri atas berat penonton dan kru, berat kebutuhan, berat tanah, dll.

Pada LWT, berat konstruksi dihitung dengan menggunakan metode Harvald Jensen. Sementara untuk berat permesinan dan peralatan didapat dari merinci pada spesifikasi yang ada di pasaran.

4.3.5.2 Perhitungan Stabilitas

Dari ukuran utama yang didapat dilakukanlah perhitungan stabilitas awal. Dalam perhitungan stabilitas awal digunakan metode Barnhart Thelwis. Dimana perhitungan ini menggunakan input sebagai berikut:

- L_{WL} = *waterline length.*
- B = *maximum breadth.*
- B_M = *maximum waterline breadth.*
- H = *mean draft at designed waterline.*
- D_H = *minimum depth.*
- S_F = *forward sheer.*
- S_A = *after sheer.*
- Δ_0 = *displacement at designed waterline.*
- L_d = *length of superstructure which extends to sides of ship.*
- d = *height of superstructure which extends to sides of ship.*
- C_B = *block coefficient.*
- C_W = *waterline coefficient at draft H.*
- C_X = *midship section coefficient at draft H.*
- C_{PV} = *vertical prismatic coefficient at draft H.*
- A_0 = *area of waterline plane at designed draft.*
- A_M = *area of immersed midship section.*
- A_2 = *area of vertical centerline plane to depth D.*
- S = *mean sheer.*
area of centerline plane above minimum depth divided by length.
- D = *mean depth.*
- F = *mean freeboard.*
- A_1 = *area of waterline plane at depth D may be estimated from A_0 and nature of stations above waterline.*

Sementara langkah-langkah perhitungan diberikan sebagai berikut:

- Menentukan besar Δ_T dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left(\frac{A_0 + A_1}{2} \right) F / 35$$

- Menentukan besar δ dengan rumus sebagai berikut:

$$\delta = \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0$$

- Menentukan besar C_W' dengan rumus sebagai berikut:

$$C_W' = \frac{A_2}{LD}$$

- Menentukan besar C_W'' dengan rumus sebagai berikut:

$$C_W'' = C_W' - \frac{140 \cdot \delta}{BDL} (1 - C_{PV''})$$

- Menentukan besar C_X' dengan rumus sebagai berikut:

$$C_X' = \frac{A_M + BF}{BD}$$

- Menentukan besar C_{PV}' dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{PV}' = \frac{35\Delta_T}{A_1D}$$

- Menentukan besar C_{PV}'' dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{PV}'' = \frac{35\Delta_T}{A_2B}$$

- Menentukan besar GG' dengan rumus sebagai berikut:

$$GG' = KG' - KG$$

- Menentukan besar KG dengan rumus sebagai berikut:

$$KG = C_{KG} \cdot D_M$$

- Menentukan besar f_1 dengan rumus sebagai berikut:

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

- Menentukan besar $G'B_0$ dengan rumus sebagai berikut:

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

- Menentukan besar KB_0 dengan rumus sebagai berikut:

$$KB_0 = (1 - h_0)H$$

- Menentukan besar f_0 dengan rumus sebagai berikut:

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

- Menentukan besar $G'B_{90}$ dengan rumus sebagai berikut:

$$G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} - \frac{17,5 \cdot \delta^2}{\Delta_0 (A_2 - 70 \left(\frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV}))}$$

- Menentukan besar f_2 dengan rumus sebagai berikut:

$$f_2 = 9,1(C_X' - 0,89)$$

- Menentukan besar $G'M_0$ dengan rumus sebagai berikut:

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

- Menentukan besar BM_0 dengan rumus sebagai berikut:

$$BM_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0}$$

- Menentukan besar $G'M_{90}$ dengan rumus sebagai berikut:

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

- Menentukan besar BM_{90} dengan rumus sebagai berikut:

$$BM_{90} = \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0}$$

- Menentukan besar GM_0 dengan rumus sebagai berikut:

$$GM_0 = KB_0 + B_0 M_0 - KG$$

- Menentukan besar GZ dengan rumus sebagai berikut:

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

- Menentukan besar $G'Z'$ dengan rumus sebagai berikut:

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

- Menentukan besar b_1 dengan rumus sebagai berikut

$$b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

- Menentukan besar b_2 dengan rumus sebagai berikut

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

- Menentukan besar b_3 dengan rumus sebagai berikut

$$b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8}$$

4.3.6 Analisa dan Perhitungan

Setelah desain awal selesai dibuat, maka dilakukan kembali pengecekan. Hal ini digunakan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan penonton. Apabila terjadi ketidaksesuaian atau diketahui terjadi desain yang berlebih, maka dilakukanlah perbaikan baik pada rencana garis maupun rencana umum. Adapun pengecekan-pengecekan yang dilakukan antara lain pada:

4.3.6.1 Analisa Hambatan

Analisa hambatan dilakukan untuk memperkirakan daya yang dibutuhkan untuk memindahkan bangunan stadion apung. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop Mennen. Sementara untuk hambatan angin, perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode Taylor.

4.3.6.2 Analisa Kemampuan Operasional

Dalam analisa kemampuan operasional dilakukan perhitungan kelayakan muatan untuk memenuhi kebutuhan kru dan penonton serta sarat aktual dari bangunan apung tersebut untuk dapat beroperasi baik dengan bersandar maupun mengapung dilaut lepas Teluk Jakarta. Dari muatan pada kondisi penuh maupun bersandar akan didapat masing-masing sarat. Dan sarat ini akan dijadikan salah satu ukuran apakah desain telah memenuhi syarat atau tidak.

4.3.6.3 Periode Olen

Periode olen dihitung berdasarkan rumus dari Derret dkk (2001) sebagai berikut,

$$T = \frac{2K}{\sqrt{GM}}$$

dimana :

K = radius girasi (m)

GM = jarak titik metasenter terhadap titik gravitasi (m)

4.3.6.4 Perhitungan Trim

Perhitungan trim dilakukan pada keadaan muatan kosong diatas bangunan stadion apung. Perhitungan trim dilakukan untuk mengetahui apakah stadion apung mengalami trimpada keadaan alaminya, perhitungan trim dilakukan dengan menggunakan rumus dari Parson (2001), yaitu

Trim = sarat belakang - sarat depan

$$= \frac{(LCG-LCB)L}{GM_L}$$

4.3.6.5 Analisa sudut oleng dan trim

Perhitungan sudut oleng dan trim dilakukan selain untuk mengetahui apakah desain sudah cukup layak memenuhi standar keamanan juga untuk mengetahui apakah desain juga cukup layak untuk menyelenggarakan sebuah pertandingan diatasnya pada kondisi ekstrim. Kondisi ekstrim disini dinyatakan sebagai kondisi dimana seluruh penonton berada pada satu sisi kapal sehingga dapat menyebabkan kapal mengalami oleng atau trim. Analisa sudut oleng dan trim dilakukan dengan rumus dari Derrick,

$$\text{arc tan } \theta = \frac{w \cdot d}{\Delta \cdot MG}$$

Dimana,

w = berat seluruh penonton (ton)

d = jarak seluruh penonton terhadap pusat massa kapal (m)

Δ = displasemen kapal (ton)

MG = jarak titik metasenter terhadap pusat massa kapal (m)

4.3.6.6 Pengaruh Momen Angin

Perhitungan momen angin dihitung melalui rumus pendekatan dari *International Code on Intact Stability 2008*. Dimana perhitungan dilakukan untuk mencari sudut oleng dengan rumus,

$$\Theta = 109 * k * X_1 * X_2 * \sqrt{r * s}$$

Dimana,

k = faktor bentuk bilga

X_1 = faktor perbandingan lebar dengan sarat

$X_2 =$ faktor koefisien blok

$r = 0.73 + 0.6 OG/d,$

$OG = KG - d$

4.3.6.7 Pengecekan Lambung Timbul

Perhitungan lambung timbul mengacu pada *International Convention of Load Lines, 1966, Protocol of 1988 Consolidated Edition 2005*. Dimana pada perhitungan ini, sarat yang didapat kemudian dilakukan beberapa koreksi, untuk mencocokkan apakah lambung timbul sesuai dengan peraturan atau tidak.

4.3.6.8 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop Mennen. Perhitungan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut,

a. Perhitungan Hambatan Kekentalan

Hambatan kekentalan dihitung dengan rumus,

$$R_v = 0.5 C_{FO} \rho V_m^2 S_W (1 + k_1)$$

Pada perhitungan ini hambatan kekentalan tidak dihitung secara utuh, namun perhitungan hambatan kekentalan hanya dilakukan pada,

$C_{FO} =$ koefisien gesekan ITTC 57 = $0,075 / (\log R_n - 2)^2$

$1+k_1 =$ faktor bentuk badan kapal tanpa tonjolan

$$= 0,93 + 0,4871 c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/L_R)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{-0,6042}$$

Dengan $c = 1$

b. Perhitungan Hambatan akibat Tonjolan pada Badan Kapal

Perhitungan ini memerlukan masukan data berupa luas permukaan basah dari tonjolan-tonjolan dikapal (contoh: sirip penyeimbang, lunas bilga, dll). Namun karena kapal dalam desain awal ini tidak memiliki tonjolan apapun, maka didapat $1 + k_2 = 0$.

c. Perhitungan Hambatan Gelombang

Untuk perhitungan hambatan ini diperlukan data berupa displasemen kapal, sudut masuk, luas *bulbous bow*, dan *transom*. Adapun rumus yang diberikan sebagai berikut:

$$R_w/W = C_1 C_2 C_3 e^{\{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

Dimana,

$W =$ berat displasemen

$$C_1 = 2223105 C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$$

dengan,

$$C_4 = 0,5 - 0,0625 (Lwl/B),$$

$$= 0,2296 * (B/L) 0,3333 \text{ jika } B/L \leq 0,11$$

$$= B/L \quad \text{jika } 0,11 \leq B/L \leq 0,25$$

$$= 0,5 - 0,0625 L/B \quad \text{jika } B/L \geq 0,25$$

$$d = -0,9$$

$$i_E = 125,67 * B/L - 162,25 C_p^2 + 234,32 C_p^3 + 0,1551 (LCB + (6,8(T_a - T_f)/T)^3)$$

$$m_1 = 0,01404 L/T - 1,7525 \nabla^{1/3}/L - 4,7932 B/L - C_5$$

$$C_5 = 1,7301 - 0,7067 C_p \quad \text{jika } C_p \geq 0,8$$

$$= 8,0798 * C_p - 13,8673 * C_p^2 + 6,9844 * C_p^3 \quad \text{jika } C_p \leq 0,8$$

$$m_2 = C_6 0,4 e^{-0,034 F_n^{-329}}$$

$$C_6 = -1,69385 \quad \text{jika, } Lwl^3/\nabla, \leq 512$$

$$= 1,69385 + (L/3\tilde{N} - 8)/2,36 \quad \text{jika, } 512 \leq Lwl^3/\nabla \leq 1727$$

$$= 0 \quad \text{jika, } Lwl^3/\nabla \geq 1727$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,03 L/B \quad \text{untuk } Lwl/B \leq 12$$

$$= 1,446 C_p - 0,36 \quad \text{untuk } L/B \geq 12$$

$$C_2 = 1 \quad \text{jika tanpabulb}$$

$$= e^{-1,89 * ABT * r_B / B * T * (r_B + 1)} \quad \text{jika memilikibulb}$$

$$C_3 = 1 - 0,8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

$$A_T = \text{luas tercelup dari transom}$$

d. Perhitungan *Ship Correlation Allowance*

Ship Correlation Allowance dinyatakan dalam C_A , dimana perhitungannya dilakukan sebagai berikut:

$$C_A = 0,006 (Lwl + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 \left(\frac{lwl}{7,5} \right)^{0,5} \cdot C_b^{0,4} (0,04 - T_f)$$

, untuk $T_f/Lwl < 0,04$

$$= 0,006 * (Lwl + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 * (Lwl/7,5)^{0,5} * (C_b^4) * C_2 * (0,04 - T_f/Lwl),$$

untuk $T_f/Lwl \geq 0,04$

e. Hambatan Angin

Hambatan angin dihitung dengan menggunakan metode Taylor (1943), dimana perhitungan dilakukan dengan rumus berikut,

$$R_{AA} = 1,28 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot A_T \cdot (V_R)^2$$

dimana:

A_T = luas proyeksi kapal (m^2)

V_r = kecepatan angin (knot)

4.3.6.9 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya meliputi biaya operasional dan pembangunan. Biaya operasional terdiri atas gaji kru tetap dan tidak tetap serta biaya akan kebutuhan air, pelumas, dan bahan bakar. Dimana perhitungan ini dilakukan dengan perkiraan pertandingan maksimal yang akan dilakukan selama satu tahun. Sementara untuk biaya pembangunan dihitung berdasarkan biaya struktur, peralatan, dan permesinan per ton pada tahun 1993 yang terdapatdi grafik pada buku *Practical Ship Design*, David G. M Watson (1998).

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Perencanaan Kapasitas

Seperti pada judul tugas akhir, kapasitas stadion apung didesain untuk dapat menampung penonton sebanyak **45.000 orang**. Adapun kapasitas tersebut dipilih karena beberapa pertimbangan, antara lain:

- Kemampuan stadion untuk menyelenggarakan berbagai even sepakbola dari kompetisi lokal hingga Piala Dunia, dimana FIFA mensyaratkan sebuah stadion untuk memiliki minimal 40.000 tempat duduk.
- Antusiasme masyarakat Jakarta yang besar pada sepakbola
- Pemasukan yang besar dari tiket penonton

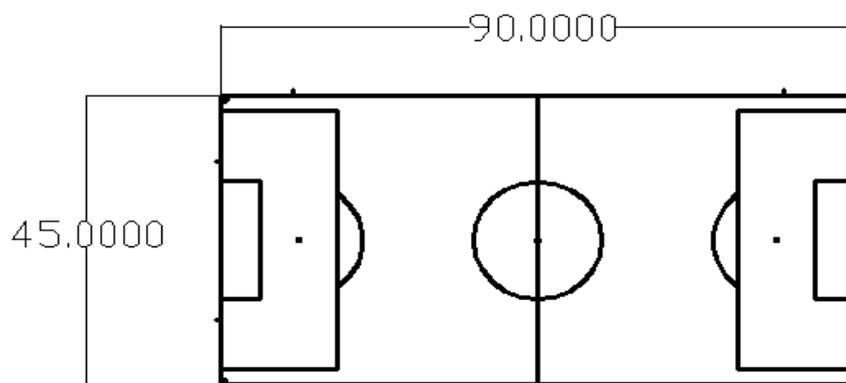
Kapasitas tersebut juga ditambah dengan kru, pemain, pelatih, staf, karyawan, official, keamanan, sukarelawan, dan kru-kru lain seperti pada stadion pada umumnya.

5.2 Desain Kapal

Proses perancangan stadion apung dimulai dengan menentukan ukuran utama awal. Ukuran utama awal ditentukan melalui langkah-langkah berikut,

5.2.1 Menentukan ukuran lapangan sepakbola

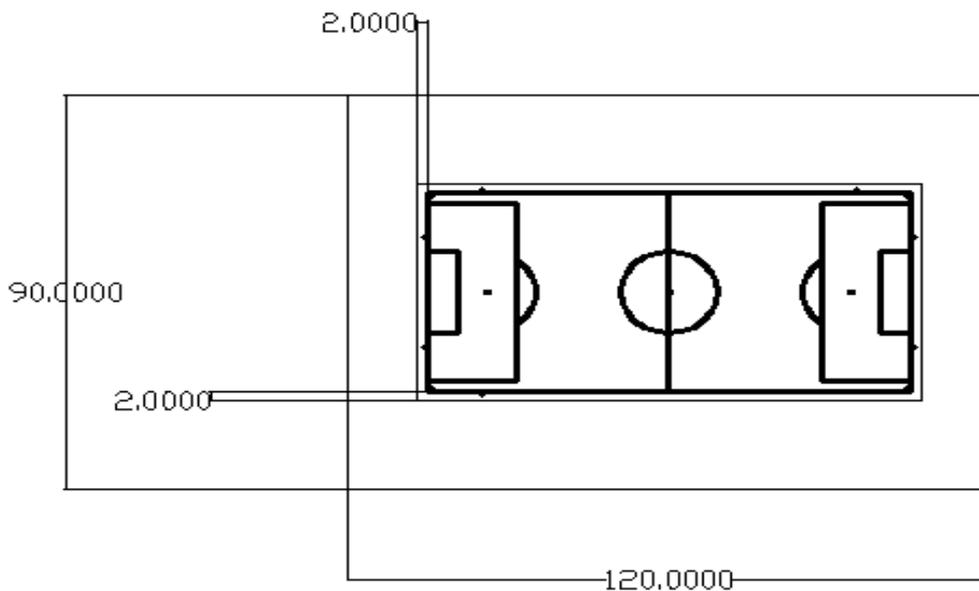
Ukuran lapangan sepakbola berdasarkan standar FIFA memiliki panjang berkisar antara 90 sampai 120 meter dan lebar berkisar antara 45 sampai 60 meter. Dengan pertimbangan agar biaya pembangunan stadion lebih murah daripada stadion yang ada di darat maka diambil ukuran lapangan yang paling minimum, yaitu sebesar **90 m x 45 m**.



Gambar 5.1 Ukuran Lapangan

5.2.2 Memperkirakan dan memberikan ukuran dari tribun dan ruang-ruang tambahan

Setelah lapangan selesai didesain, ukuran daripada tribun diberikan. Ukuran awal dari tribun, dengan lapangan didalamnya, adalah sebesar **120 m** untuk panjang keseluruhannya, untuk lebar diberikan sebesar **90 m** dan tinggi daripada tribun diberikan sebesar **20 m**. Dengan ruang tambahan antara lapangan dengan tribun diberi jarak masing-masing **2 m** untuk panjang dan lebarnya.



Gambar 5.2 Ruang Tambahan Pada Lapangan

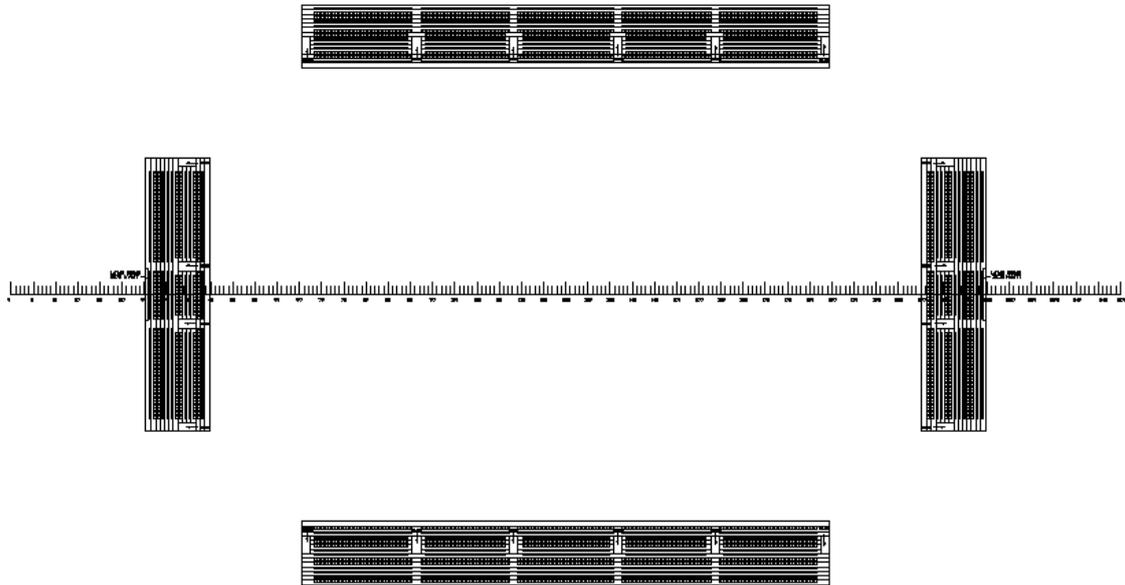
5.2.3 Membuat desain rencana umum bangunan atas

Bangunan atas kapal dirancang dalam bentuk tribun yang didesain memiliki 45.000 tempat duduk. Tribun dirancang untuk kenyamanan penonton, pemain dan staf pelatih, serta stasiun TV yang menyelenggarakan siaran langsung. Kemiringan tribun diatur berdasarkan titik perspektif agar penonton, pemain, dan pelatih dapat menyaksikan jalannya pertandingan dengan nyaman dan tidak saling menghalangi. Tribun juga diberi akses untuk perawatan dan perbaikan.

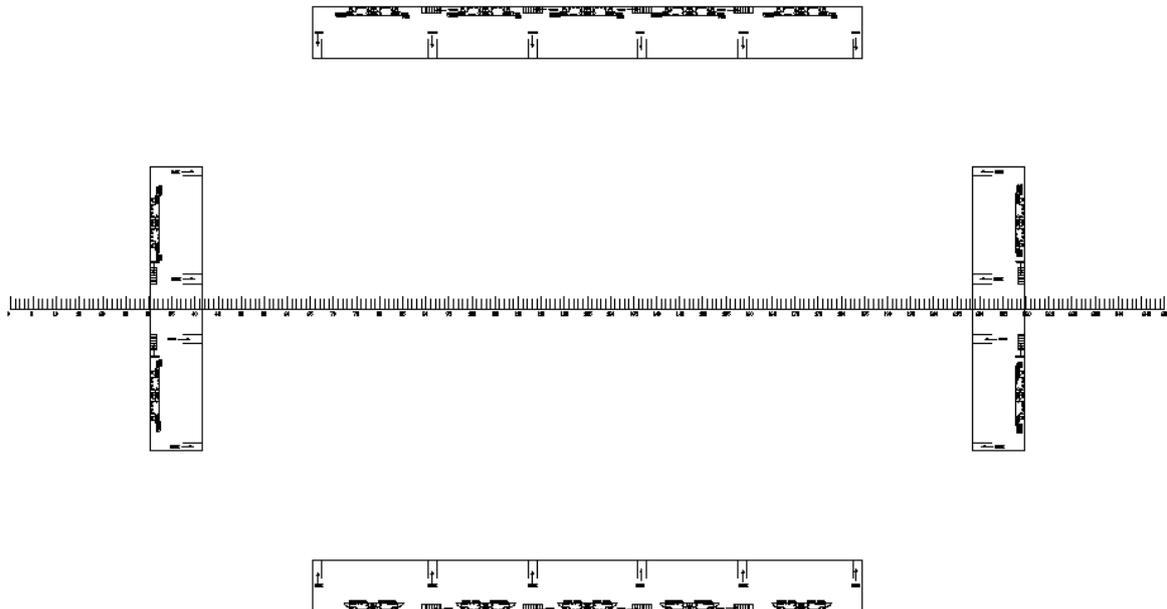
Fasilitas-fasilitas tribun juga diatur untuk kenyamanan penonton. Bangku antar tribun diberi cukup ruang yang memudahkan penonton untuk keluar masuk. Untuk menjaga kebersihan diberikan jamban dengan perbandingan 1 jamban untuk 250 penonton. Diberikan juga kotak siar dan restorasi bagi penonton yang ingin membeli makanan atau minuman. Tangga

diberikan disekeliling tribun untuk memudahkan penonton naik turun. Dan atap tribun difungsikan untuk menghindari korosi akibat air hujan.

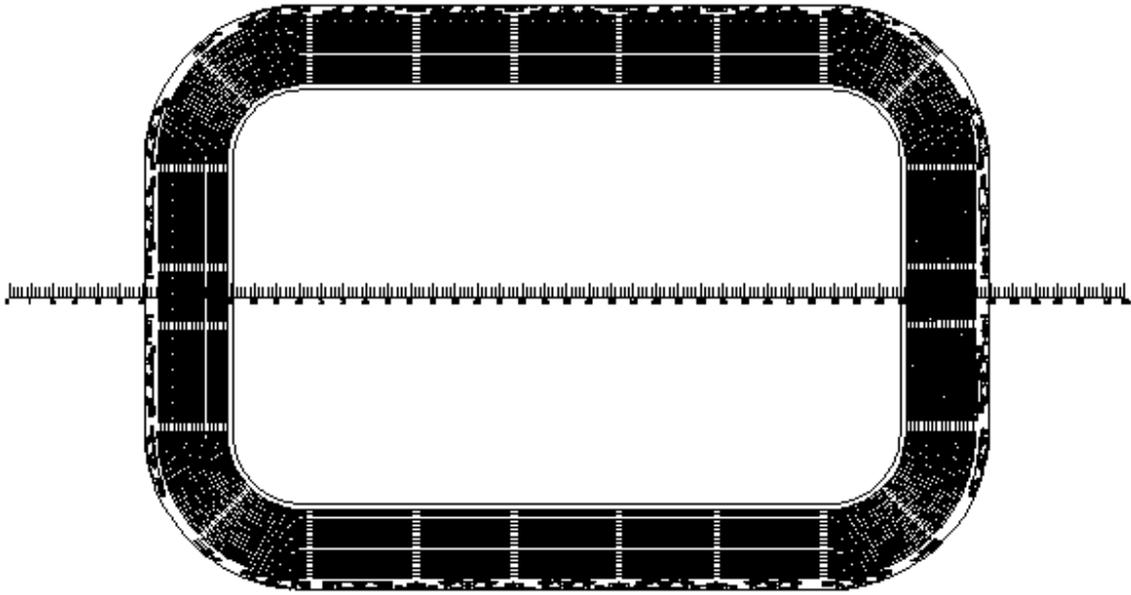
Adapun desain bangunan atas dari stadion apung ini adalah sebagai berikut,



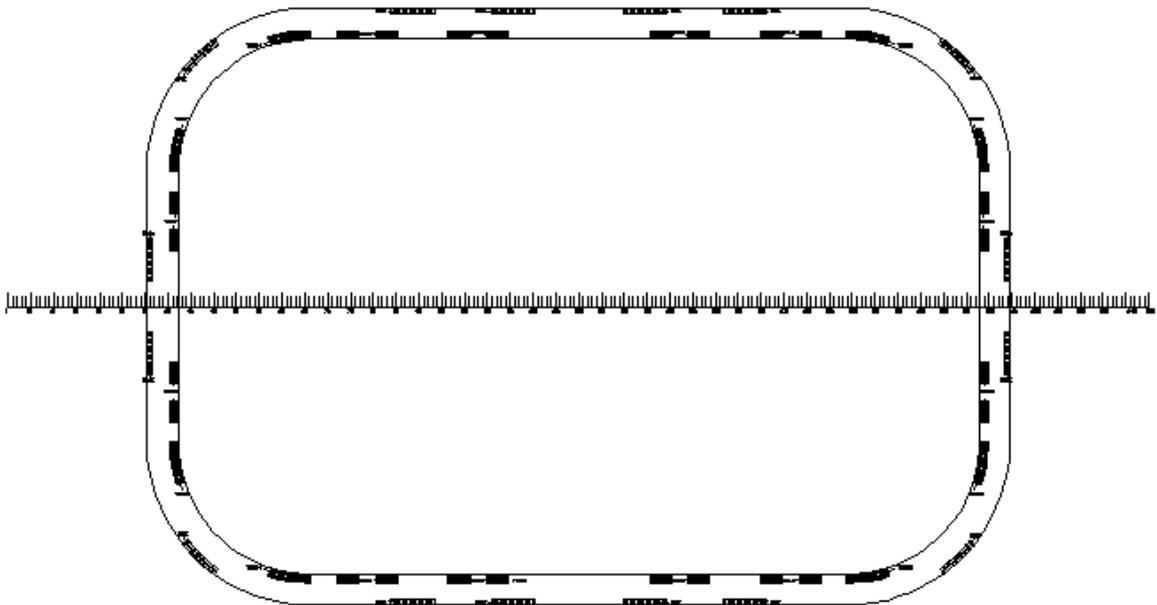
Gambar 5.3 Tribun Atas



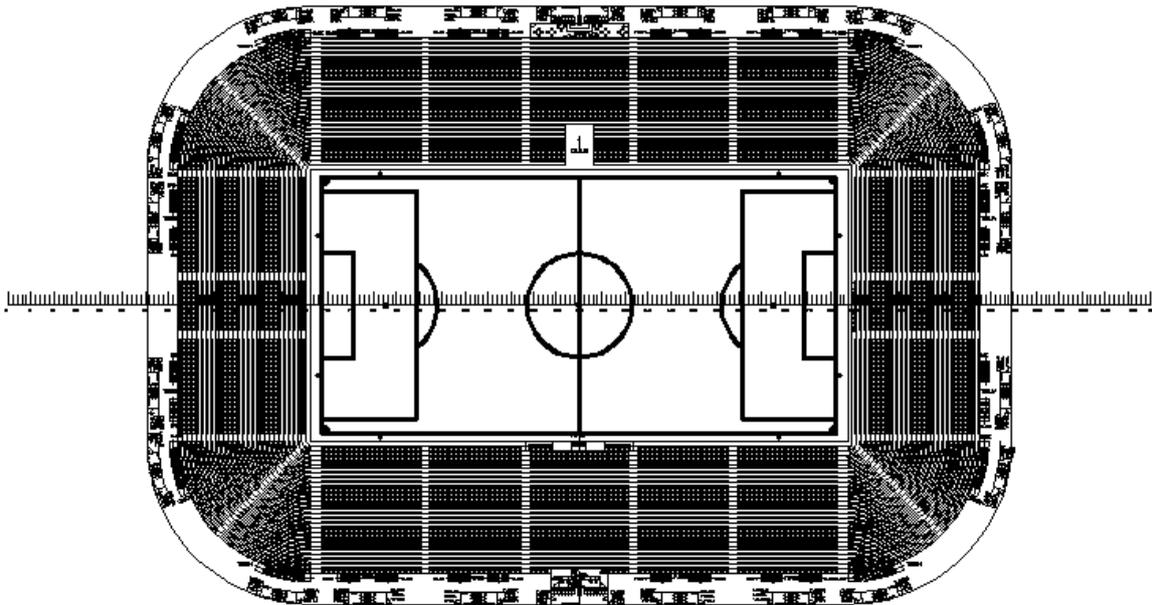
Gambar 5.4 Lantai Penghubung Tribun Atas



Gambar 5.5 Tribun Tengah



Gambar 5.6 Lantai Penghubung Tribun Tengah



Gambar 5.7 Tribun Bawah

Pada proses mendesain bangunan atas dari stadion apung ini terjadi perubahan dalam hal ukuran bangunan atas. Jika sebelumnya diestimasi ukuran bangunan atas memiliki panjang 120 m dan lebar 90 m. maka pada akhir proses desain bangunan atas yang dihasilkan memiliki ukuran panjang keseluruhan 160.51 m, lebar 114.506 m, dan tinggi keseluruhan 28.208 m. Sementara untuk kapasitas tiap tribun diberikan pada tabel dibawah.

Tabel 5.1 Kapasitas Tiap Tribun

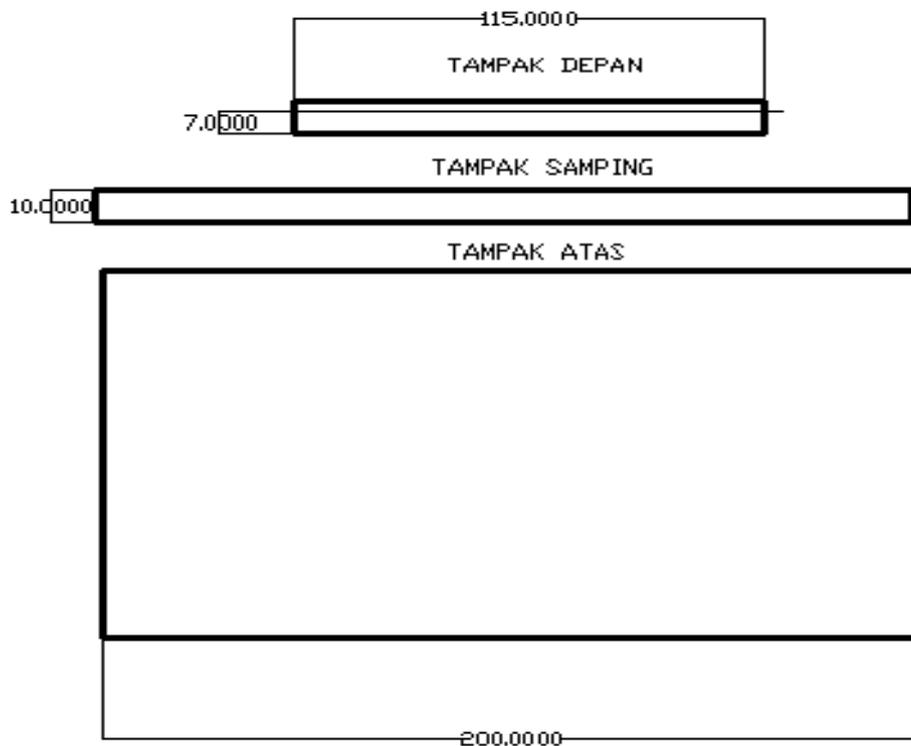
Tribun Bawah					Jumlah Kursi	Satuan
Bagian	Jumlah Bagian	Baris	Kolom	Jumlah		
Pt.Sd Tengah	1	43	28	1204	1204	Kursi
St.Bd & Pt.Sd Pinggir	4	44	28	1232	4928	Kursi
St.Bd & Pt.Sd Samping	4	40	28	1120	4480	Kursi
St.Bd. Tengah	1	43	26	1118	1118	Kursi
Samping Kotak	2	8			16	Kursi
Kurva	4	1214			4856	Kursi
Fore & Aft Pinggir	4	41	28	1148	4592	Kursi
Fore & Aft Tengah	2	22	28	616	1232	Kursi
TOTAL					22426	orang

Tribun Tengah					Jumlah Kursi	Satuan
Bagian	Jumlah Bagian	Baris	Kolom	Jumlah		
St.Bd & Pt.Sd Tengah	2	43	15	645	1290	Kursi
St.Bd & Pt.Sd Pinggir	4	44	15	660	2640	Kursi
St.Bd & Pt.Sd Samping	4	40	15	600	2400	Kursi
Kurva	4	1284			5136	Kursi
Fore & Aft Pinggir	4	41	15	615	2460	Kursi
Fore & Aft Tengah	2	22	15	330	660	Kursi
TOTAL					14586	orang

Tribun Atas					Jumlah Kursi	Satuan
Bagian	Jumlah Bagian	Baris	Kolom	Jumlah		
St.Bd & Pt.Sd Tengah	2	43	13	559	1118	Kursi
St.Bd & Pt.Sd Pinggir	4	44	13	572	2288	Kursi
St.Bd & Pt.Sd Samping	4	40	13	520	2080	Kursi
Fore & Aft Pinggir	4	41	13	533	2132	Kursi
Fore & Aft Tengah	2	22	13	286	572	Kursi
TOTAL					8190	orang

5.2.4 Menentukan ukuran badan kapal

Ukuran utama awal badan kapal diberikan terutama untuk memberikan daya apung dan daya apung cadangan pada stadion apung. Selain itu, pemberian ukuran panjang dan lebar juga mempertimbangkan agar stadion apung memiliki dek utama yang luas sehingga dapat menampung seluruh penonton yang berkumpul diluar tribun sebelum pertandingan dimulai. Oleh karena itu diberikan ukuran panjang keseluruhan sebesar 200 m, lebar sebesar 115 m, tinggi sebesar 10 m, dan sarat sebesar 7 m dengan bentuk badan kapal ponton berlambung tunggal.



Gambar 5.8 Ukuran Badan Kapal

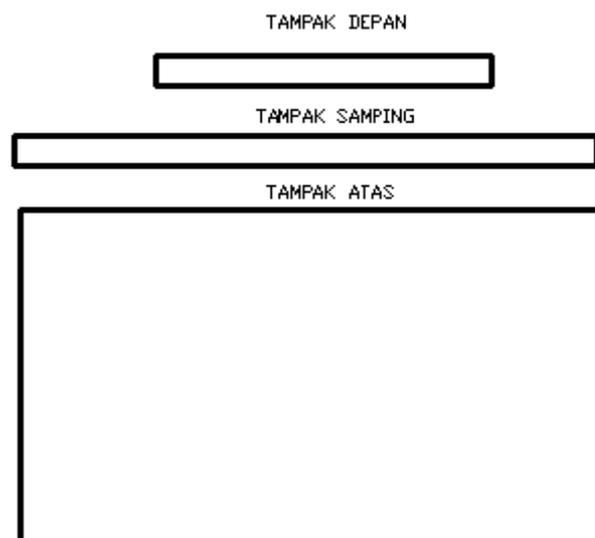
5.2.5 Mendesain Bentuk Badan Kapal

Badan kapal didesain untuk menyediakan gaya apung untuk stadion apung. Desain yang dipilih akan dilakukan perhitungan stabilitas dan daya apungnya. Dalam proses mendesain

bentuk badan kapal terjadi beberapa perubahan. Hal ini karena terjadi pemilihan bentuk badan kapal yang paling sesuai dalam pengoperasian bangunan apung ini. Adapun proses mendesain badan kapal serta perubahan-perubahan bentuk badan kapal adalah sebagai berikut,

5.2.5.1 Bentuk Ponton Lambung Tunggal

Bentuk ponton dipilih sebagai desain awal dari bentuk lambung stadion apung. Bentuk ini dipilih karena merupakan bentuk lambung yang paling sederhana. Ukuran dari bentuk lambung ini seperti ukuran yang ditentukan diawal, yaitu 200 m x 115 m x 10 m. Dengan koefisien blok, koefisien primatik, koefisien *midship*, dan koefisien *waterplane* masing-masing sama dengan 1.

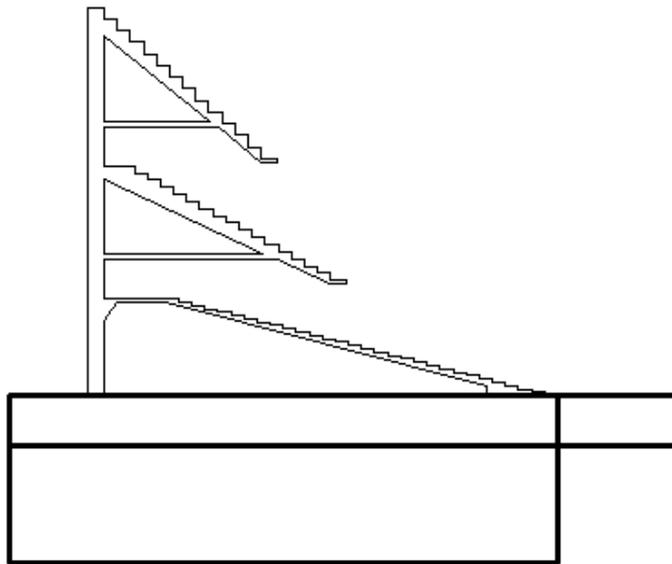


Gambar 5.9 Bentuk Ponton Lambung Tunggal

Setelah didesain bentuk badan kapal awal dilakukan perhitungan awal baik pada LWT, DWT, gaya apung, maupun kelayakan operasionalnya.

5.2.5.1.1 Perhitungan LWT

Untuk LWT terdiri atas berat konstruksi, berat permesinan, dan peralatan. Untuk berat konstruksi dihitung dengan metode pendekatan mekanika teknik.



Gambar 5.10 Sketsa penampang melintang

Perhitungan ini menggunakan rumus dari buku Mekanika Teknik (Popov, 1989) sebagai berikut,

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

dimana,

σ = tegangan (Pa)

M = momen (N.m)

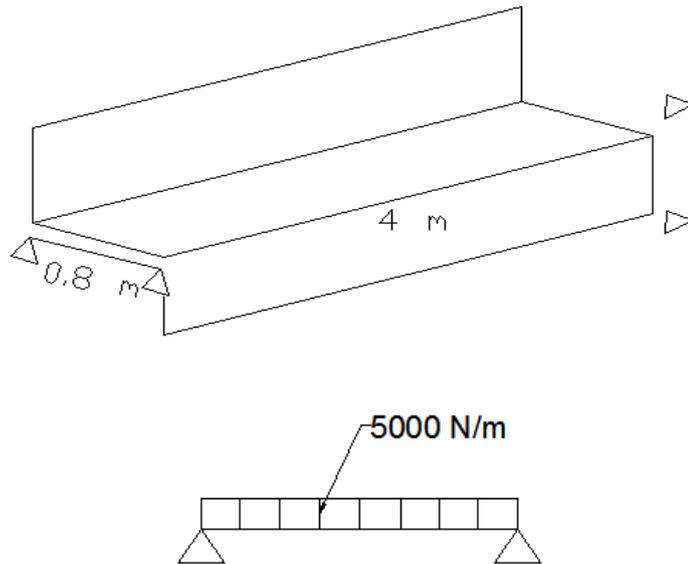
W = modulus (m^3)

Adapun perhitungan-perhitungan tersebut antara lain,

- Perhitungan pelat tribun

Pelat tribun memiliki panjang tak ditumpu maksimal sebesar 0.8 m. Bagian ini dirancang untuk menerima beban penonton dengan asumsi 100 kg / orang, sehingga bagian ini menerima beban merata sebesar 5000 N/m.

Selanjutnya dilakukanlah perhitungan momen maksimum dengan asumsi kedua ujung pelat tribun ditumpu oleh tumpuan engsel dan penampang memiliki ukuran 4 m x 0.003 m (lebar x tebal).



Gambar 5.11 Pemodelan Pelat Tribun

Momen maksimum dari sistem ini adalah,

$$M \text{ maks} = 1/8 q L^2$$

Dimana,

q = beban merata desain = 5000 N/m

L = panjang tak ditumpu = 0.8 m

Maka M maks adalah sebesar 400 N.m.

Sementara modulus didapat dengan rumus,

$$W = \text{Inersia} / Y$$

Dimana,

$$\text{Inersia} = 1/12 \times \text{lebar} \times \text{tebal}^3$$

$$= 1/12 \times 4 \times 0.003^3$$

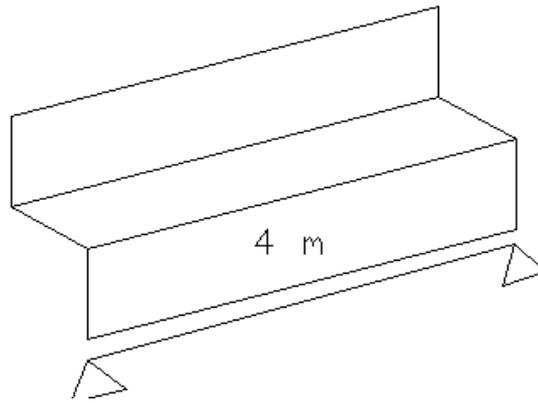
$$= 9 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \text{ dengan } Y = 1/2 \text{ tebal} = 0.0015 \text{ m}$$

Maka modulus adalah sebesar $6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Sehingga, didapat tegangan yang bekerja pada pelat tersebut adalah 0.0375 kPa.

Sementara untuk tegangan ijin besi adalah sebesar 124000 kPa. Maka ukuran pelat setebal 0.03 m dinyatakan layak untuk menahan beban tersebut.

- Perhitungan longitudinal tribun



Gambar 5.12 Pemodelan *longitudinal* tribun

Sama seperti perhitungan pelat tribun, perhitungan longitudinal tribun juga menggunakan asumsi balok dengan dua tumpuan engsel dikedua ujungnya.

Perhitungan ini menggunakan data masukan berupa,

q = yaitu beban merata orang dan pelat = 6860 N/m

L = panjang tak ditumpu = 4 m

Dimana ditentukan ukuran penampang sebesar 0.25 m x 0.015 m (tinggi x tebal), dengan rumus momen maksimum yang sama, maka momen maksimum sistem ini adalah,

$$\begin{aligned} M \text{ maks} &= 1/8 \times 6860 \times 4^2 \\ &= 13720 \text{ N.m.} \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukanlah perhitungan modulus dengan perhitungan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Inersia} &= 1/12 \times \text{tinggi} \times \text{tebal}^3 \\ &= 1/12 \times 0.25 \times 0.015^3 \\ &= 0.0000195 \text{ m}^4, \text{ dengan } Y = 1/2 \text{ tinggi} = 0.125 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Maka } W = 0.000156 \text{ m}^3$$

Dengan perhitungan rumus tegangan maka didapatlah tegangan sebesar 87808 kPa. Sehingga ukuran dari longitudinal tribun yang dipilih juga dibawah tegangan ijin dari besi.

- Perhitungan kantilever

Kantilever dirancang untuk menahan beban dari penonton, konstruksi longitudinal, dan pelat tribun. Dimana beban merata total dari ketiga jenis beban tersebut adalah sebesar 7790 N/m.

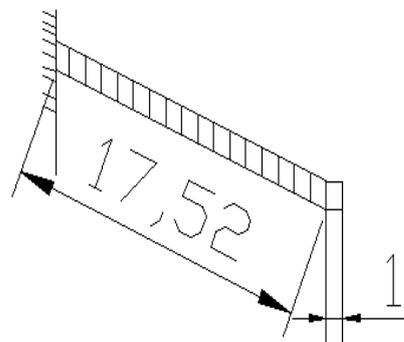
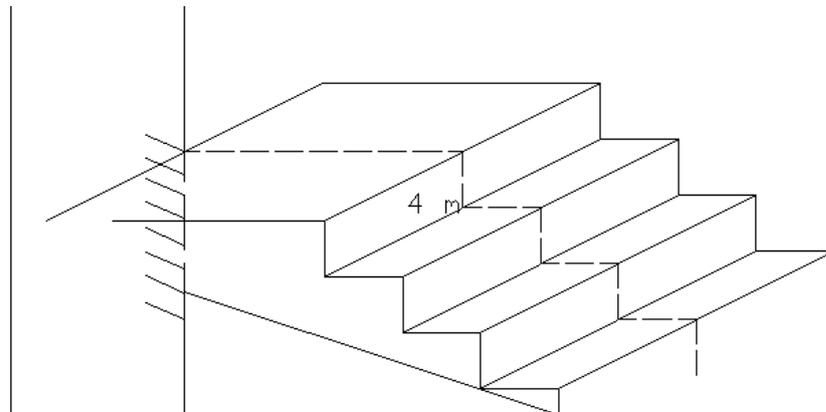
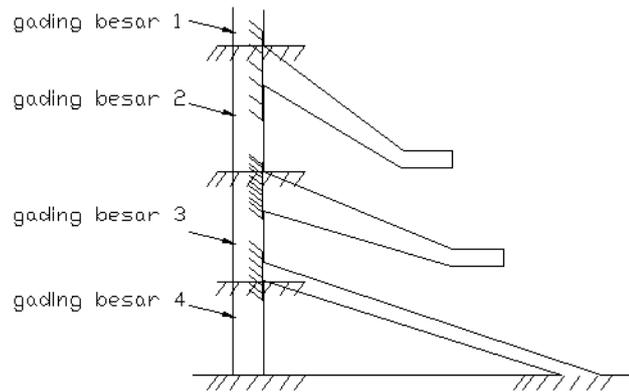
Konstruksi kantilever dibagi menjadi 2 bagian. Dimana yang satu berfungsi untuk menumpu yang lain. Bagian yang ditumpu memiliki ukuran panjang tak ditumpu

sebesar 1 m dengan metode mekanika teknik didapat perhitungan momen maksimum sebesar,

$$M_{\text{maks}} = 0.125 \times q \times l^2$$

Sementara bagian yang menumpu memiliki panjang (diambil terbesar dari ketiga tribun) 17.52 m dan perhitungan momen sebesar,

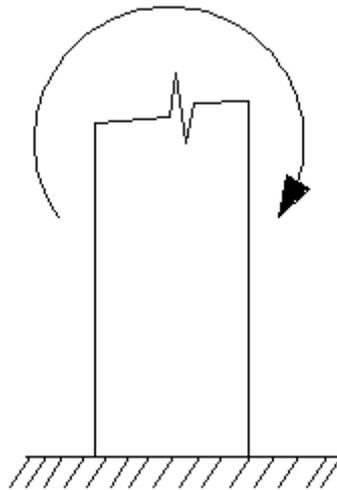
$$M_{\text{maks}} = (0.5 \times q \times l^2 \cos \alpha) + (q \times l^2)$$



Gambar 5.13 Pemodelan Kantilever

Untuk bagian dengan panjang 1 m, digunakan ukuran sebesar 0.3 m x 0.01 m (tinggi x tebal). Dari perhitungan, didapat tegangan maksimum bagian sepanjang 1 m sebesar 6491,67 kPa. Sementara untuk bagian sepanjang 17.52 m dengan ukuran penampang 0.3 m - 1.7 m x 0.01 m. Didapat tegangan maksimum sebesar 104286.48 kPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tegangan desain tidak melebihi tegangan ijin besi.

- Perhitungan gading besar



Gambar 5.14 Pemodelan gading besar

Gading besar berfungsi untuk menahan momen akibat beban dari konstruksi maupun penonton. Beban-beban tersebut antara lain,

- o Beban penonton

Beban merata penonton sebesar 5000 N/m sepanjang 4 m sebanyak 40 baris tribun. Maka total berat penonton sebesar,

$$W \text{ penonton} = q \times l \times \text{jumlah baris}$$

$$W \text{ penonton} = 5000 \times 4 \times 40$$

$$W \text{ penonton} = 800000 \text{ N}$$

- o Beban pelat

Pelat tribun yang disangga kantilever memiliki ukuran maksimum (panjang x lebar x tebal) 16 m x 4 m x 0.03 m. Maka total berat pelat tribun adalah sebesar,

$$W \text{ pelat} = L \times B \times t \times \rho \times g$$

$$W \text{ pelat} = 16 \times 4 \times 0.03 \times 7750 \times 10$$

$$W \text{ pelat} = 148800 \text{ N}$$

- o Beban longitudinal

Total ukuran longitudinal yang disangga kantilever adalah sebesar (panjang x lebar x tebal) 7 m x 4 m x 0.01 m. Maka total berat pelat tribun adalah sebesar,

$$W \text{ longitudinal} = L \times B \times t \times \rho \times g$$

$$W \text{ longitudinal} = 7 \times 4 \times 0.01 \times 7750 \times 10$$

$$W \text{ longitudinal} = 21700 \text{ N}$$

- o Beban kantilever

Total ukuran kantilever adalah (panjang x tebal x tinggi) 18 m x 0.01 m x 0.4 m. Maka total berat kantilever adalah sebesar,

$$W \text{ kantilever} = L \times t \times h \times \rho \times g$$

$$W \text{ kantilever} = 18 \times 0.01 \times 0.4 \times 7750 \times 10$$

$$W \text{ kantilever} = 5580 \text{ N}$$

Maka total berat konstruksi yang ditumpu gading besar adalah sebesar,

$$W \text{ total} = W \text{ penonton} + W \text{ pelat} + W \text{ longitudinal} + W \text{ kantilever}$$

$$W \text{ total} = 800000 \text{ N} + 148800 \text{ N} + 21700 \text{ N} + 5580 \text{ N}$$

$$W \text{ total} = 976080 \text{ N}$$

Dengan mengambil ukuran penampang gading besar sebesar (tinggi x tebal) 2.5 m x 0.1 m, maka didapat modulus sebesar 0.104166667 m³. Dengan demikian ukuran tersebut mendapat tegangan sebesar 93703.68 kPa.

- Perhitungan pelat geladak

Ukuran pelat geladak, baik geladak utama maupun geladak kedua dan ketiga mengambil ukuran yang sama dengan pelat tribun, yaitu dengan tebal 0.003 m.

- Perhitungan longitudinal geladak

Longitudinal geladak, baik geladak utama, kedua, dan ketiga, mengambil ukuran dari geladak tribun yaitu 0.25 m x 0.015 m.

- Perhitungan pelat samping

Pelat samping dirancang untuk menerima beban dari air laut yang memiliki beban merata sebesar,

$$q \text{ air laut} = l \times b \times \rho \times g$$

$$l = \text{jarak gading} = 0.8 \text{ m}$$

$$b = \frac{1}{2} \text{ tinggi dek} = 2 \text{ m}$$

$g = \text{percepatan gravitasi} = 10 \text{ m/s}^2$

$\rho = 1025 \text{ kg / m}^3$

maka, q air laut didapat sebesar,

$q \text{ air laut} = 0.8 \times 2 \times 10 \times 1025$

$q \text{ air laut} = 16400 \text{ N/m}$

dengan mengambil ukuran penampang (lebar x tebal) $2 \text{ m} \times 0.006 \text{ m}$, dan mengasumsikan bahwa kedua ujung pelat berupa tumpuan engsel didapatkan tegangan maksimum sebesar 109333.33 kPa .

- Longitudinal samping

Longitudinal samping dirancang untuk menerima beban merata akibat air laut dan pelat, dimana,

$q \text{ air laut} = 16000 \text{ N/m}$

$q \text{ pelat} = 496 \text{ N/m}$

sehingga beban total,

$q \text{ total} = q \text{ air laut} + q \text{ pelat}$

$q \text{ total} = 16000 + 496$

$q \text{ total} = 16496 \text{ N/m}$

dengan mengambil ukuran penampang sebesar (tebal x tinggi) $0.02 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ dan panjang tak ditumpu sebesar 4 m . Didapatkan modulus sebesar 0.0003 m^3 dan momen maksimum sebesar 32992 N.m . Sehingga pelat mengalami tegangan sebesar 109973.33 kPa .

- Perhitungan penumpu

Penumpu didesain untuk menopang beban dari pelat, air laut, dan longitudinal. Dimana beban dari ketiga bagian tersebut adalah sebesar 18485 N/m . Dengan memilih ukuran penampang sebesar (tebal x tinggi) $0.01 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$, didapatkan modulus sebesar 0.0003375 m^3 sehingga tegangan yang dialami penumpu adalah sebesar 109541 kPa .

- Perhitungan gading besar, balok besar geladak, penumpu samping

Ukuran ketiga bagian ini disamakan dengan ukuran penumpu, yaitu (tebal x tinggi) $0.01 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$.

- Ukuran pelat bawah

Pelat bawah diasumsikan memiliki ukuran yang tebal yang sama dengan pelat samping yaitu 0.006 m .

Setelah semua bagian didapatkan ukurannya, selanjutnya dilakukan rekapitulasi berat terhadap seluruh bagian dari bangunan stadion apung sebagai berikut,

Tabel 5.2 Rekapitulasi berat bagian stadion apung

Tempat	bagian	volume	berat(ton)	Jumlah	total	KG (m)	Momen
tribun atas	pelat tribun	2,51952	19,52628	1	19,52628	33,3	650,22512
	lonji	9,8826	76,59015	1	76,59015	29,5	2259,4094
	kantilever	0,045	0,34875	21	7,32375	29,5	216,05063
	gading	0,3468	2,6877	21	56,4417	29,5	1665,0302
antara	pelat	1,95711	15,16757497	1	15,16757	26,5	401,94074
	lonji	0,0306	0,23715	11	2,60865	26,5	69,129225
	kantilever	0,1143	0,885825	11	9,744075	26,5	258,21799
	gading	0,2703	2,094825	21	43,99133	26,5	1165,7701
tribun tgh	pelat tribun	4,41099	34,1851725	1	34,18517	23,75	811,89785
	lonji	10,794	83,6535	1	83,6535	23,75	1986,7706
	kantilever	0,258	1,9995	26	51,987	23,75	1234,6913
	gading	0,26673	2,0671575	26	53,7461	23,75	1276,4698
antara	pelat	4,1292	32,0013	1	32,0013	18,52	592,66408
	lonji	2,331	18,06525	11	198,7178	18,52	3680,2527
	gading	0,13872	1,07508	26	27,95208	17,55	490,559
	kantilever	0,186	1,4415	26	37,479	18,52	694,11108
tribun bawah	pelat tribun	7,938	61,5195	1	61,5195	15,8	972,0081
	lonji	8,178	63,3795	1	63,3795	15,8	1001,3961
	kantilever	0,435	3,37125	26	87,6525	15,8	1384,9095
	gading	0,2958	2,29245	26	59,6037	14	834,4518
main dek	pelat	172,5	1336,875	1	1336,875	10	13368,75
	lonji	0,375	2,90625	72	209,25	10	2092,5
	lonji samping	0,375	2,90625	4	11,625	7	81,375
	Pelat samping	472,5	3661,875	1	3661,875	7	25633,125
	gading besar	0,153	1,18575	62	73,5165	7	514,6155
	penumpu	0,75	5,8125	24	139,5	10	1395
	balok besar g	0,73313	5,68171875	25	142,043	10	1420,4297
dek kedua	pelat	172,5	1336,875	1	1336,875	7	9358,125
	lonji	0,375	2,90625	72	209,25	7	1464,75
	lonji samping	0,375	2,90625	4	11,625	5	58,125
	Pelat samping	534	4138,5	1	4138,5	5	20692,5
	gading besar	0,153	1,18575	62	73,5165	5	367,5825
	penumpu	0,75	5,8125	24	139,5	4	558
	balok besar g	0,73313	5,68171875	25	142,043	5	710,21484
dek ketiga	pelat	172,5	1336,875	1	1336,875	3	4010,625
	lonji	0,375	2,90625	72	209,25	3	627,75
	lonji samping	0,375	2,90625	4	11,625	3	34,875
	Pelat samping	534	4138,5	1	4138,5	3	12415,5
	gading besar	0,153	1,18575	62	73,5165	3	220,5495
	penumpu	0,75	5,8125	24	139,5	3	418,5
	balok besar g	0,73313	5,68171875	25	142,043	3	426,12891
	Pelat bawah	100,5	778,875	1	778,875	0	0
				Total 1/4	19479,45		117514,98

Total berat diatas, 19479.45 ton, merupakan $\frac{1}{4}$ dari total berat keseluruhan, maka total berat keseluruhannya adalah sebesar 77917.8ton. Berat tersebut ditambah lagi dengan beberapa tambahan antara lain,

- Konstruksi atap
Berat dari konstruksi atap diberikan 10% dari berat total, yaitu sebesar, 7791.78 ton
- Kekurangan
Untuk mengantisipasi adanya kekurangan dari bagian yang belum dimasukkan, maka diberikanlah 5% dari total berat 3895,889ton.

Maka total berat keseluruhan adalah sebesar,

$$W \text{ total} = 77917.8 + 7791.78 + 3895,889$$

$$W \text{ total} = 85709.57564\text{ton}$$

Dengan momen sebesar 117514.9762ton.m maka didapatkan KG konstruksi sebesar 6.03 m.

5.2.5.1.2 Perhitungan DWT

Perhitungan DWT dilakukan dengan merinci komponen apa saja yang kira-kira terdapat pada stadion apung ini. Adapun rincian daripada DWT diberikan pada tabel berikut.

Tabel 5.3 Rincian DWT

Jenis Muatan	Tempat	Jumlah / volume	Satuan	Berat (ton)
Kru & penonton	D.Kedua	4	orang	0.4
	D.Akomodasi	100	orang	10
	D.Utama	5100	orang	510
	T.Bawah	20326	orang	2032.6
	T.Tengah	14586	orang	1458.6
	T.Atas	8190	orang	819
Bahan Bakar	D.Kedua	2976.00	m ³	2574.39
Minyak Pelumas	D.Kedua	238.00	m ³	198.66
Air Tawar	D.Kedua	14885.12	m ³	14885.12
Perbekalan & Kebutuhan	D.Akomodasi	100	m ³	100
Tanah & Rumput	D.Utama	902.4	m ³	4976.74
total				27565.5149

Dari perincian DWT didapat total DWT adalah sebesar **27565.5149 ton**.

5.2.5.1.3 Perhitungan Daya Apung

Daya apung dihitung untuk memastikan kemampuan kapal untuk mengapung. Daya apung yang didapat dari perkalian panjang sebesar 200 m, lebar sebesar 115 m, sarat sebesar 7 m, massa jenis air sebesar 1.025 ton/m^3 , dan koefisien blok sebesar 1. Dari perkalian komponen-komponen tersebut dihasilkan daya apung sebesar **330050 ton**.

Jika dibandingkan dengan displasemen yang merupakan penjumlahan antara berat LWT sebesar **85709.575ton** dan DWT sebesar **27565.5149 ton** yang menghasilkan displasemen sebesar **108364.6949 ton**. Maka dapat disimpulkan bahwa **desain lambung ini memiliki daya apung yang cukup untuk beroperasi**.

5.2.5.1.4 Perhitungan Stabilitas

Untuk perhitungan stabilitas dilakukan dengan metode Barnhart Thelwis. Sebelum perhitungan stabilitas dilakukan terlebih dahulu dilakukan perhitungan sarat aktual dari bangunan apung ini. Perhitungan sarat aktual cukup mudah dilakukan karena kapal berbentuk ponton. Perhitungan sarat aktual dihitung dengan langkah-langkah berikut,

I. Menghitung luas bidang air (*waterplane area*)

Luas bidang air lambung ini dihitung sebagai berikut,

$$\text{WPA} = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

$$\text{WPA} = 200 \text{ m} \times 115 \text{ m}$$

$$\text{WPA} = 23000 \text{ m}^2$$

II. Menghitung Volume Displasemen

Pada perhitungan sebelumnya didapat displasemen sebesar 108364.6949 ton. Maka, volume displasemen dapat dihitung dengan cara,

$$\nabla = \Delta / \rho_{\text{air laut}}$$

$$\nabla = 108364.6949 \text{ ton} / 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$\nabla = 105721.654 \text{ m}^3$$

III. Menghitung Sarat Aktual

Sarat aktual dihitung dengan cara,

$$\text{Sarat Aktual} = \nabla / \text{WPA} = 105721.654 \text{ m}^3 / 23000 \text{ m}^2 = 4.59 \text{ m}$$

Adapun langkah-langkah perhitungan stabilitas adalah sebagai berikut,

I. Memasukan data masukan berupa,

○ L_{WL} (panjang garis air) = 200 m atau 656.17 kaki

○ B = 115 m atau 377.30 kaki

- $B_M = 115 \text{ m atau } 377.30 \text{ kaki}$
- $H = 4.59 \text{ m atau } 7.35 \text{ kaki}$
- $D_M = 4.59 \text{ m atau } 9.84 \text{ kaki}$
- $S_F = 0 \text{ m}$
- $S_A = 0 \text{ m}$
- $\Delta_0 = 108304.6949 \text{ ton}$
- $L_d = 0 \text{ m}$
- $d = 0 \text{ m}$
- $C_B = 1$
- $C_W = 1$
- $C_X = 1$
- $C_{PV} = 1$
- $A_0 = 247569.94 \text{ kaki}^2$
- $A_M = 8664.95 \text{ kaki}^2$
- $A_2 = 16877.812 \text{ kaki}^2$
- $S = 0 \text{ m}$
- $D = 9.84 \text{ kaki}$
- $F = 2.49 \text{ kaki}$
- $A_1 = 250045.64 \text{ kaki}^2$

II. Melakukan perhitungan-perhitungan dari data masukan diatas,

$$\begin{aligned}
 - \Delta_T &= \Delta_0 + (((A_0 + A_1)/2) F/35) \\
 &= 51534.0683 + (((247569.94 + 250045.64)/2) 2.49/35) \\
 &= \mathbf{162552.44 \text{ ton}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \delta &= \frac{\Delta_T}{2} - \Delta_0 \\
 &= 339725.34 / 2 - 51534.0683 \\
 &= \mathbf{-152137.33 \text{ ton}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - C_W' &= \frac{A_2}{L D} \\
 &= 16877.812 / (656.17 \times 26.25) = \mathbf{0.980}
 \end{aligned}$$

$$C_W'' = C_W' - \frac{140 \cdot \delta}{BDL} (1 - C_{PV'}) = \mathbf{0.999}$$

$$- C_X' = \frac{A_M + BF}{BD} = 1$$

$$- CPV' = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$= 4.831$$

$$- C_{PV''} = \frac{35\Delta_T}{A_2 B} = 4.979$$

$$- KG' = -1931.38 \text{ kaki}$$

$$- GG' = KG' - KG = -1964.19 \text{ kaki}$$

$$- KG = C_{KG} \cdot D_M = 32.81 \text{ kaki}$$

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

$$= -0.005$$

$$- G'B_0 = KG' - KB_0 = -1942.867 \text{ kaki}$$

$$- KB_0 = (1 - h_0)H = 11.483 \text{ kaki}$$

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

$$= 0.000$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0 = -1942.867 \text{ kaki}$$

$$- G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} - \frac{17,5 \cdot \delta^2}{\Delta_0 (A_2 - 70(\delta/B)(1 - C_{PV''}))} = 29920.140 \text{ kaki}$$

$$- f_2 = 9,1(C_X' - 0,89) = 1.001$$

$$- G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG' = 2220.240 \text{ kaki}$$

$$- BM_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0}$$

$$= 277,372 \text{ kaki}$$

$$- G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90} = -974.000 \text{ kaki}$$

$$- BM_{90} = \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} + \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0}$$

$$= 28946.140\text{kaki}$$

$$- GM_0 = KB_0 + B_0M_0 - KG = 256.047\text{kaki}$$

$$b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

$$= 35746.063$$

$$- b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$= 155.780$$

$$- b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8}$$

$$= -11649.168$$

- $GZ = GG' \sin 1\phi + b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$, dimana perhitungan ini bervariasi untuk tiap sudut

Tabel 5.4. Hasil lengan stabilitas statis (GZ) tiap sudut

Sudut (derajat)	GZ (m)
0	0.0000
5	62.8502
10	113.7752
15	143.5013
20	147.4115
25	126.4248
30	86.5541
35	37.2866
40	-10.7819
45	-48.4451
50	-69.8898
55	-73.7237
60	-62.8178
65	-43.0664
70	-21.4574
75	-4.0086
80	5.8524
85	8.0319
90	5.4589

Tabel 5.5 Tabel lengan dinamis lambung ponton tunggal

Sudut (derajat)	Ld (m.rad)
10	10.6225
20	24.2947
30	21.5160
40	6.5426

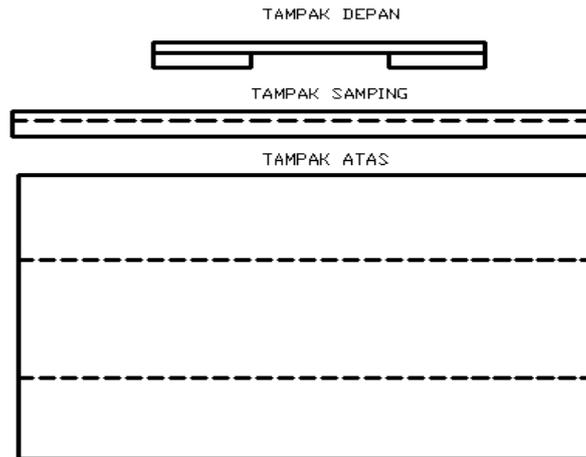
Dimana dari perhitungan ini didapat **sudut maksimum 20°** dengan luas grafik dibawah 30° sebesar **56.35 m.rad** dan luas dibawah sudut maksimum sebesar **34.8 m.rad**. Sementara berdasarkan peraturan *International Standard Code2008*, yang digunakan sebagai batasan, memiliki persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- Lengan stabilitas dinamis pada 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m rad.
- Lengan stabilitas dinamis pada 40° tidak boleh kurang dari 0.090 m rad.
- Lengan stabilitas statis pada 30° tidak boleh kurang dari 0.2 m.
- Lengan maksimum harus berada pada 30° atau tidak kurang dari 25°.

Maka dari hasil yang didapat diputuskan bahwa ukuran utama awal tetap digunakan untuk perhitungan dan analisa selanjutnya. Sementara bentuk lambung diganti menjadi jenis lambung lain.

5.2.5.2 Bentuk Lambung 2 Segmen Ponton

Bentuk lambung ini dipilih karena stabilitasnya yang lebih baik dari lambung tunggal. Sementara untuk ukuran utama tidak ada perubahan dari ukuran sebelumnya, yaitu **L x B x H x T = 200 m x 115 m x 10 m x 7m**. Namun perbedaannya hanya ada pada 2 lambung terpisah yang masing-masing memiliki ukuran **33.5 m** dan koefisien bloknya yang sebesar **0.583**. Adapun bentuk desain lambung adalah seperti gambar di bawah ini,



Gambar 5.15 Desain Lambung 2 Segmen Ponton

5.2.5.2.1 Perhitungan LWT

Perhitungan LWT dilakukan dengan merinci bagian per bagian seperti pada desain lambung sebelumnya dengan ukuran bagian yang sama seperti desain lambung sebelumnya. Adapun perincian perhitungan untuk konstruksi adalah sebagai berikut,

Tabel 5.6 Rekapitulasi berat bagian stadion apung

Tempat	bagian	volume	berat(ton)	Jumlah	total	KG (m)	Momen
tribun atas	pelat tribun	2,51952	19,52628	1	19,52628	33,3	650,225124
	lonji	9,8826	76,59015	1	76,59015	29,5	2259,409425
	kantilever	0,045	0,34875	21	7,32375	29,5	216,050625
	gading	0,3468	2,6877	21	56,4417	29,5	1665,03015
antara	pelat	1,95711	15,16757497	1	15,167575	26,5	401,9407368
	lonji	0,0306	0,23715	11	2,60865	26,5	69,129225
	kantilever	0,1143	0,885825	11	9,744075	26,5	258,2179875
	gading	0,2703	2,094825	21	43,991325	26,5	1165,770113
tribun tgh	pelat tribun	4,41099	34,1851725	1	34,185173	23,75	811,8978469
	lonji	10,794	83,6535	1	83,6535	23,75	1986,770625
	kantilever	0,258	1,9995	26	51,987	23,75	1234,69125
	gading	0,26673	2,0671575	26	53,746095	23,75	1276,469756

antara	pelat	4,1292	32,0013	1	32,0013	18,52	592,664076
	lonji	2,331	18,06525	11	198,71775	18,52	3680,25273
	gading	0,13872	1,07508	26	27,95208	17,55	490,559004
	kantilever	0,186	1,4415	26	37,479	18,52	694,11108
tribun bawah	pelat tribun	7,938	61,5195	1	61,5195	15,8	972,0081
	lonji	8,178	63,3795	1	63,3795	15,8	1001,3961
	kantilever	0,435	3,37125	26	87,6525	15,8	1384,9095
	gading	0,2958	2,29245	26	59,6037	14	834,4518
main dek	pelat	172,5	1336,875	1	1336,875	10	13368,75
	lonji	0,375	2,90625	72	209,25	10	2092,5
	lonji samping	0,375	2,90625	4	11,625	7	81,375
	Pelat samping	472,5	3661,875	1	3661,875	7	25633,125
	gading besar	0,153	1,18575	21	24,90075	7	174,30525
	penumpu	0,75	5,8125	24	139,5	10	1395
	balok besar g	0,73313	5,68171875	25	142,04297	10	1420,429688
dek kedua	pelat	100,5	778,875	1	778,875	7	5452,125
	lonji	0,375	2,90625	40	116,25	7	813,75
	lonji samping	0,375	2,90625	8	23,25	5	116,25
	Pelat samping	28,02	217,155	1	217,155	5	1085,775
	gading besar	0,153	1,18575	21	24,90075	5	124,50375
	penumpu	0,75	5,8125	24	139,5	4	558
	balok besar g	0,73313	5,68171875	25	142,04297	5	710,2148438
dek ketiga	pelat	100,5	778,875	1	778,875	3	2336,625
	lonji	0,375	2,90625	40	116,25	3	348,75
	lonji samping	0,375	2,90625	8	23,25	3	69,75
	Pelat samping	28,02	217,155	1	217,155	3	651,465
	gading besar	0,153	1,18575	21	24,90075	3	74,70225
	penumpu	0,75	5,8125	24	139,5	3	418,5
	balok besar g	0,73313	5,68171875	25	142,04297	3	426,1289063
	Pelat bawah	56	434	1	434	0	0
				Total 1/4	9867,2868		78997,97994

Total berat untuk ¼ bagian dari konstruksi stadion apung untuk desain kali ini memiliki total berat 9867,2868 ton. Sehingga berat seluruh konstruksi adalah 39469,147 ton. Dengan menambahkan konstruksi atap sebesar 10%, bagian tambahan sebesar 10%, dan kekurangan 5%, maka didapatkan total berat sebesar 43416.062 ton.

5.2.5.2.2 Perhitungan Daya Apung

Untuk menghitung daya apung lambung ini dilakukan perhitungan sebagai berikut,

- Daya apung = $L \times 2 \times B_{\text{pontoon}} \times T \times C_b \times \rho_{\text{air laut}}$
- Daya apung = $200 \text{ m} \times 2 \times 33.5 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0.583 \times 1.025 \text{ ton/m}^3$
- **Daya apung = 96209.58 ton**

Dari daya apung yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa desain lambung ini memiliki daya apung yang cukup.

5.2.5.2.3 Perhitungan Stabilitas

Perhitungan stabilitas dilakukan dengan metode yang sama dengan perhitungan jenis lambung sebelumnya. Sebelumnya dilakukan perhitungan sarat aktual dari desain lambung ini seperti pada desain sebelumnya, yaitu dengan langkah,

I. Menghitung luas bidang air (*waterplane area*)

Luas bidang air lambung ini dihitung sebagai berikut,

$$\text{WPA} = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

$$\text{WPA} = 200 \text{ m} \times 2 \times 33.5 \text{ m}$$

$$\text{WPA} = 13400 \text{ m}^2$$

II. Menghitung Volume Displasemen

Pada perhitungan sebelumnya didapat displasemen sebesar 43416.062 ton. Maka, volume displasemen dapat dihitung dengan cara,

$$\nabla = \Delta / \rho_{\text{air laut}}$$

$$\nabla = 43416.062 \text{ ton} / 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$\nabla = 42357,1334 \text{ m}^3$$

III. Menghitung Sarat Aktual

Sarat aktual dihitung dengan cara,

$$\text{Sarat Aktual} = \nabla / \text{WPA} = 42357,1334 \text{ m}^3 / 13400 \text{ m}^2 = 3.16 \text{ m}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan stabilitas dengan menggunakan input berupa sarat aktual serta ukuran-ukuran lain dari kapal,

- L_{WL} (panjang garis air) = 200 m atau 656.17 kaki
- B = 115 m atau 377.30 kaki
- B_M = 115 m atau 377.30 kaki
- H = 3.16 m atau 12.62 kaki
- D_M = 4 m atau 13.12 kaki
- S_F = 0 m
- S_A = 0 m
- Δ_0 = 42357,13ton
- L_d = 0 m
- d = 0 m
- C_B = 0.583
- C_W = 0.583

- o $C_X = 0.583$
- o $C_{PV} = 1$
- o $A_O = 144236.40 \text{ kaki}^2$
- o $A_M = 5048.27 \text{ kaki}^2$
- o $A_2 = 16877.812 \text{ kaki}^2$
- o $S = 0 \text{ m}$
- o $D = 26.25 \text{ kaki}$
- o $F = 3.28 \text{ kaki}$
- o $A_1 = 145678.76 \text{ kaki}^2$

Dengan metode perhitungan yang sama seperti pada lambung sebelumnya didapat GZ dan lengan dinamis untuk tiap sudut sebagai berikut,

Tabel 5.7 GZ tiap sudut untuk desain lambung 2 segmen ponton

Sudut (derajat)	GZ (m)
0	0,0000
5	18,6210
10	33,6705
15	42,3622
20	43,2899
25	36,6907
30	24,3199
35	8,9768
40	-6,1896
45	-18,4177
50	-25,9268
55	-28,2276
60	-26,0848
65	-21,1631
70	-15,4691
75	-10,7511
80	-8,0255
85	-7,3564
90	-7,9414

Tabel 5.8 Tabel lengan dinamis lambung 2 segmen ponton

sudut (derajat)	Ld (m.rad)
10	3,1461
20	7,1678
30	6,2358
40	1,5719

Dari perhitungan stabilitas didapat **sudut maksimum sebesar 18°**, dengan,

- Luas area dibawah sudut maksimum sebesar **9.3927 m. rad**
- Luas area dibawah sudut 30° adalah sebesar **14.5006 m. rad**
- Luas area pada sudut air naik ke geladak (3°) sebesar **0.4532m. rad**

Berdasarkan IMO pada MSC 36 pasal 63 (HSC Code Annex 7) batasan-batasan yang dimiliki kapal berlambung ganda adalah sebagai berikut:

a. Luas gambar di bawah kurva penagak GZ, yang terkecil dari sudut-sudut berikut, yakni:

- Sudut 30°
- Sudut dimana maksimum GZ terjadi
- Sudut dimana air naik ke geladak

harus memiliki luas sebesar, $A_1 = 0.055 \times 30^\circ/\Theta$ (m.rad)

b. Sudut dimana nilai GZ maksimum adalah $> 10^\circ$

Luas area terkecil yang terjadi pada sudut 3° sebesar 0.4532m.rad kemudian dibandingkan dengan area persyaratan minimal pada rumus,

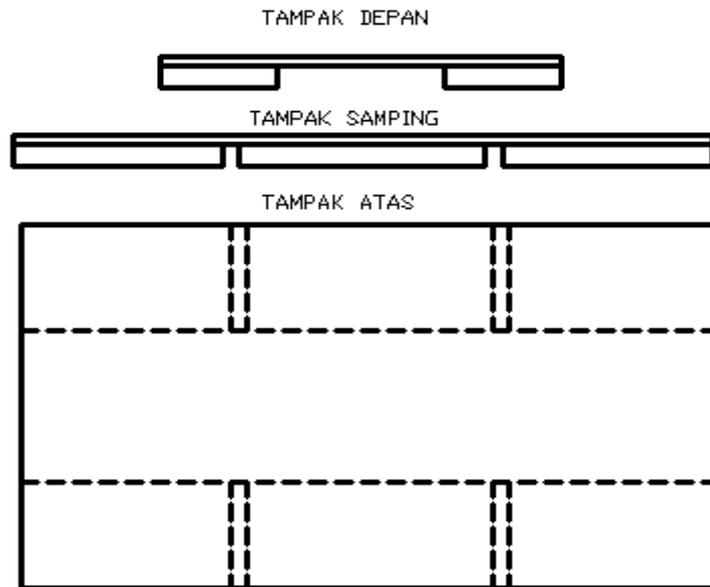
$$A_1 = 0.055 \times 30^\circ/\Theta$$

Dengan,

Θ sebesar 3° , maka area persyaratan sebesar 0.55 m.rad. **Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ukuran harus dilakukan perubahan.** Selain itu perubahan juga harus dilakukan pada desain bentuk lambung kapal karena desain lambung ponton katamaran ini menyulitkan kapal untuk naik dok.

5.2.5.3 Bentuk Lambung 6 Segmen Ponton

Kali ini badan kapal didesain dengan membaginya menjadi 6 segmen ponton. Dimana secara melintang ponton dibagi menjadi 2 bagian, sementara secara memanjang ponton dibagi menjadi 3 bagian. Untuk meningkatkan stabilitas maka ukuran lebar ditambah **10 m** sehingga ukuran utama menjadi **L x B x H x T = 200 m x 125 m x 10 m x 4 m**. Dengan ukuran ponton yang berada pada *fore* maupun *aft* baik pada *portside* maupun *starboard* sebesar **60 m x 33.5 m x 7 m x 7 m** (L x B x H x T). Sementara untuk ponton yang berada ditengah memiliki ukuran **70.4 m x 33.5 m x 7 m x 7 m**.



Gambar 5.16 Desain Lambung 6 Segmen Ponton

5.2.5.3.1 Perhitungan LWT

Sama seperti desain sebelumnya berat konstruksi dihitung dengan merinci berat bagian per bagian sebagai berikut,

Tabel 5.9 Rekapitulasi berat bagian stadion apung

Tempat	bagian	volume	berat(ton)	Jumlah	total	KG (m)	Momen
tribun atas	pelat tribun	2,51952	19,52628	1	19,52628	33,3	650,225124
	lonji	9,8826	76,59015	1	76,59015	29,5	2259,409425
	kantilever	0,045	0,34875	21	7,32375	29,5	216,050625
	gading	0,3468	2,6877	21	56,4417	29,5	1665,03015
antara	pelat	1,95710645	15,16757497	1	15,16757497	26,5	401,9407368
	lonji	0,0306	0,23715	11	2,60865	26,5	69,129225
	kantilever	0,1143	0,885825	11	9,744075	26,5	258,2179875
	gading	0,2703	2,094825	21	43,991325	26,5	1165,770113
tribun tgh	pelat tribun	4,41099	34,1851725	1	34,1851725	23,75	811,8978469
	lonji	10,794	83,6535	1	83,6535	23,75	1986,770625
	kantilever	0,258	1,9995	26	51,987	23,75	1234,69125
	gading	0,26673	2,0671575	26	53,746095	23,75	1276,469756
antara	pelat	4,1292	32,0013	1	32,0013	18,52	592,664076
	lonji	2,331	18,06525	11	198,71775	18,52	3680,25273
	gading	0,13872	1,07508	26	27,95208	17,55	490,559004
	kantilever	0,186	1,4415	26	37,479	18,52	694,11108
tribun bawah	pelat tribun	7,938	61,5195	1	61,5195	15,8	972,0081
	lonji	8,178	63,3795	1	63,3795	15,8	1001,3961
	kantilever	0,435	3,37125	26	87,6525	15,8	1384,9095
	gading	0,2958	2,29245	26	59,6037	14	834,4518

main dek	pelat	172.5	1336.875	1	1336.875	10	13368.75
	lonji	0.375	2.90625	72	209.25	10	2092.5
	lonji samping	0.375	2.90625	4	11.625	7	81.375
	Pelat samping	2.835	21.97125	1	21.97125	7	153.79875
	gading besar	0.153	1.18575	30	35.5725	7	249.0075
	penumpu	0.75	5.8125	24	139.5	10	1395
	balok besar g	0.733125	5.68171875	25	142.0429688	10	1420.429688
dek kedua	pelat	172.5	1336.875	1	1336.875	7	9358.125
	lonji	0.375	2.90625	68	197.625	7	1383.375
	lonji samping	0.375	2.90625	8	23.25	5	116.25
	Pelat samping	2.9712	23.0268	4	92.1072	5	460.536
	gading besar	0.153	1.18575	30	35.5725	5	177.8625
	penumpu	0.75	5.8125	24	139.5	4	558
	balok besar g	0.733125	5.68171875	25	142.0429688	5	710.2148438
dek ketiga	pelat	24.3	188.325	1	188.325	3	564.975
	lonji	0.375	2.90625	68	197.625	3	592.875
	lonji samping	0.375	2.90625	8	23.25	3	69.75
	Pelat samping	2.9712	23.0268	1	23.0268	3	69.0804
	gading besar	0.153	1.18575	30	35.5725	3	106.7175
	penumpu	0.75	5.8125	24	139.5	3	418.5
	balok besar g	0.733125	5.68171875	25	142.0429688	3	426.1289063
	Pelat bawah	24.3	188.325	1	188.325	0	0
				Total 1/4	5824.747259		55419.20634

Total berat ¼ bagian dari konstruksi adalah sebesar 13758.673 ton. Dengan tambahan bagian atap sebesar 10%, bagian tambahan 10 %, dan kekurangan sebesar 5%, maka didapatkan total berat sebesar **25628.88794ton**.

5.2.5.3.2 Perhitungan DWT

Komponen berat DWT diasumsikan sama dengan desain lambung sebelumnya yaitu sebesar **27565.5149 ton**.

5.2.5.3.3 Perhitungan Daya Apung

Daya apung badan kapal jenis ini merupakan penjumlahan daya apung masing-masing ponton. Perhitungan daya apung dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut,

- Daya apung = $\Sigma (L_{\text{ponton}} \cdot B_{\text{ponton}} \cdot T_{\text{ponton}}) \cdot \rho_{\text{air laut}}$
- Daya apung = $(4 (60 \text{ m} \times 33.5 \text{ m} \times 7 \text{ m}) + 2 (60 \text{ m} \times 33.5 \text{ m} \times 7 \text{ m})) \times 1.025 \text{ ton/m}^3$
- Daya apung = **86530.5 ton**

Sementara displasemen sebesar **53194.40284ton** maka dapat disimpulkan bahwa bangunan memiliki daya apung yang cukup untuk beroperasi.

5.2.5.3.4 Perhitungan Stabilitas

Perhitungan stabilitas menggunakan metode yang sama seperti desain lambung sebelumnya. Perhitungan dimulai dengan mencari terlebih dahulu sarat aktual dari lambung dengan perhitungan sebagai berikut,

I. Menghitung luas bidang air (*waterplane area*)

Luas bidang air lambung ini dihitung sebagai berikut,

$$\text{WPA} = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

$$\text{WPA} = (70.4 \text{ m} + 60 \text{ m} + 60 \text{ m}) \times (33.5 \text{ m} + 33.5 \text{ m})$$

$$\text{WPA} = 12756.8 \text{ m}^2$$

II. Menghitung Volume Displasemen

Pada perhitungan sebelumnya didapat displasemen sebesar 55034.68ton. Maka, volume displasemen dapat dihitung dengan cara,

$$\nabla = \Delta / \rho_{\text{air laut}}$$

$$\nabla = 55034.68\text{ton} / 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$\nabla = 53692.37\text{m}^3$$

III. Menghitung Sarat Aktual

Sarat aktual dihitung dengan cara,

$$\text{Sarat Aktual} = \nabla / \text{WPA} = 53692.37 \text{ m}^3 / 12756.8 \text{ m}^2 = \mathbf{4.21 \text{ m}}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan stabilitas dengan menggunakan input berupa sarat aktual serta ukuran-ukuran lain dari kapal,

- L_{WL} (panjang garis air) = 200 m atau 656.17 kaki
- B = 125 m atau 410.10 kaki
- B_M = 125 m atau 410.10kaki
- H = 3.24 m atau 13.81kaki
- D_M = 4.21 m atau 16.4kaki
- S_F = 0 m
- S_A = 0 m
- Δ_0 = 53194.402ton
- L_d = 0 m
- d = 0 m
- C_B = 0.583
- C_W = 0.583

- $C_X = 0.583$
- $C_{PV} = 1$
- $A_O = 144236.40 \text{ kaki}^2$
- $A_M = 5048.27 \text{ kaki}^2$
- $A_2 = 16877.812 \text{ kaki}^2$
- $S = 0 \text{ m}$
- $D = 26.25 \text{ kaki}$
- $F = 3.28 \text{ kaki}$
- $A_1 = 145678.76 \text{ kaki}^2$

Dengan metode perhitungan yang sama seperti pada lambung sebelumnya didapat GZ dan lengan dinamis untuk tiap sudut sebagai berikut,

Tabel 5.10 GZ tiap sudut untuk desain lambung 6 segmen ponton

Sudut (derajat)	GZ (m)
0	0.0000
5	15.6996
10	28.3648
15	35.6287
20	36.2981
25	30.5770
30	19.9603
35	6.8300
40	-6.1352
45	-16.5866
50	-23.0108
55	-24.9930
60	-23.1852
65	-19.0052
70	-14.1610
75	-10.1407
80	-7.8091
85	-7.2208
90	-7.6927

Tabel 5.11 Tabel lengan dinamis lambung 6 segmen ponton

sudut (derajat)	Ld (m.rad)
10	2.6518
20	6.0266
30	5.1943
40	1.1969

Dari perhitungan stabilitas didapat **sudut maksimum sebesar 18°** , dengan,

- Luas area dibawah sudut 30° adalah sebesar **13.9452 m. rad**
- Luas area dibawah sudut 40° adalah sebesar **15.1421 m. rad**
- Luas area dibawah sudut 30° - 40° adalah sebesar **1.1969 m. rad**
- Lengan penegak GZ pada 30° sebesar **36.1987 m**
- h_{\max} maksimum terjadi di **18°**
- GM_0 sebesar **610.141 m**

Sementara berdasarkan *International Code on Intact Stability 2008*, menyebutkan:

a. $e_{0,30} \geq 0.055$ m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055$ m. rad.

b. $e_{0,40} \geq 0.09$ m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09$ m. rad.

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

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$ m.rad

d. $h_{30} \geq 0.2$ m

Lengan penegak GZ minimum 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.

e. h_{\max} pada $\phi_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25° . Namun jika hal ini tidak dapat dilaksanakan, maka kriteria alternatif berdasarkan tingkat keamanan yang sama dapat dilakukan berdasarkan persetujuan admisnistrasi.

f. $GM_0 \geq 0.15$ m

Tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter

Karena h_{\max} terjadi di 18° sementara persyaratan *IS Code 2008* mengharuskan di 25° maka dapat disimpulkan bahwa ukuran tidak memenuhi standar *IS Code 2008*. Namun karena keterbatasan waktu pengerjaan, ukuran tetap digunakan untuk desain lebih lanjut.

5.3 Analisa dan Perhitungan Lanjutan

5.3.1 Perhitungan Berat Ponton

Pada perhitungan sebelumnya didapat berat konstruksi stadion diatas kapal adalah sebesar **4093.082 ton**. Sementara untuk berat konstruksi badan kapal adalah sebesar **21126.497**

tonMaka pada perhitungan kali ini dilakukan perhitungan berat badan kapal dengan rumus pendekatan dari buku *Practical Ship Design* (Watson, 1998),

$$W_s = W_{si} (1 + 0.05 (C_b' - 0.7))$$

Dengan,

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36}$$

$$E = L (B + T) + 0.85 L (D - T) + 0.85 \{ (l_1 \cdot h_1) + 0.75(l_2 \cdot h_2) \}$$

l_1 dan h_1 = panjang dan tinggi kapal

l_2 dan h_2 = panjang dan tinggi bangunan atas

maka,

$$E = 200 (125 + 4) + 0,85 \cdot 200(10 - 4) + 0,85 (200 \cdot 10) + 0,75(160,51 \cdot 28,2)$$

$$E = 26902.84 \text{ m}^2$$

Maka,

$$W_s = \mathbf{37855.54 \text{ ton}}$$

Dengan demikian didapatkan total berat konstruksi dengan metode pendekatan sebesar **41948.62 ton**. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan secara pendekatan digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

5.3.2 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan sebetulnya tidak perlu dilakukan karena kapal tidak beroperasi dalam keadaan bermanuver. Hal ini dilakukan untuk mencari tahu berapa besar daya yang digunakan untuk memindahkan bangunan apung ini. Perhitungan hambatan dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop Mennen. Perhitungan ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut,

I. Perhitungan pengaruh kekentalan

Pada perhitungan pengaruh kekentalan, perhitungan secara utuh tidak dilakukan.

Perhitungan hanya dilakukan untuk mencari,

a. $C_{FO} = \text{koefisien gesekan ITTC '57} = 0,075 / (\log R_n - 2)^2$

Dimana, $R_n = \text{LWL} \cdot V_s / \nu$

$$v = 1.18831 \cdot 10^{-6}$$

$$V_s = 2 \text{ m/s} \quad \text{didapat } C_{FO} = \mathbf{0.00176}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } 1+k_1 &= \text{faktor bentuk badan kapal tanpa tonjolan} \\ &= 0,93 + 0,4871 c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/L_R)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{-0,6042} \end{aligned}$$

Dengan $c = 1$

$$= \mathbf{2.5313}$$

c. Perhitungan pengaruh tonjolan

Pada perhitungan ini dilakukan perhitungan pada,

$$\text{a. } 1 + k_2 = 0 \quad (\text{karena tanpa tonjolan apapun})$$

$$\text{b. } S_{\text{total}} \text{ (luas permukaan basah total)} = 29720.54 \text{ m}^2 \text{ (tanpa tonjolan)}$$

$$\text{c. } S_{\text{app}} = \text{luas permukaan basah tonjolan} = 0 \text{ m}^2$$

Dimana dari semua perhitungan diatas ditunjukkan untuk mencari,

$$1 + k = 1 + k_1 + [1+k_2 - (1 + k_1)]S_{\text{app}}/S_{\text{tot}} = \mathbf{2.531}$$

II. Perhitungan pengaruh gelombang (*wave making resistances*)

Dimana pada perhitungan ini dilakukan perhitungan pada,

$$\text{a. } d = -0.9 \quad (\text{didapat dari PNA})$$

b. C_1 , dimana langkah-langkah perhitungan ini sbb,

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 L/B \quad \text{karena } B/L \geq 0.25 = 0.575$$

$$= 0.4641$$

Sarat depan = sarat belakang = 7 m

$$iE = 125.67 * B/L - 162.25C_p^2 + 234.32C_p^3 + 0.1551(LCB + (6.8(T_a - T_f)/T)^3$$

$$= 113.46$$

$$\text{Kemudian, } C_1 = 2223105 * C_4 3.7861 * (T/B) 1.0796 * (90 - iE)^{-1.3757}$$

$$= 77.0929$$

c. m_1 , dimana langkah-langkah perhitungan dilakukan sebagai berikut,

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 * C_p \quad \text{karena } C_p \geq 0.8$$

$$= 1.0573$$

$$\text{Kemudian, } m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 \nabla^{1/3} / L - 4.7932 B/L - C_5 = -3.8039$$

d. m_2 , dimana langkah-langkah perhitungan dilakukan sebagai berikut,

$$C_6 = -1.69385 \quad \text{karena } \nabla^{1/3} / L \leq 512$$

$$\text{Maka, } m_2 = C_6 * 0.4 * e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 1$$

- e. C3, dimana perhitungan melalui langkah-langkah sebagai berikut
 $A_T = \text{perhitungan luas transom tercelup} = 1.4771 \text{ m}^2$
Maka $C3 = 1 - 0.8 \cdot A_T / (B \cdot T \cdot C_m) = 1.4771$
- f. $R_w/W = 0$
- g. CA (*correlation allowance*) dimana perhitungan dilakukan sebagai berikut,
 $CA = 0.006 \cdot (L_w + 100)^{0.16} - 0.00205 \quad T_f / L_w \geq 0.04$
 $= 0.0004$
- h. W atau gaya berat sebesar 897910 N

Kemudian pada akhir perhitungan ini dilakukanlah perhitungan hambatan total, dimana perhitungan ini dihitung dengan rumus

$$= 0,5 \cdot p \cdot V^2 \cdot \text{Stot} [C_f(1+k) + CA] + R_w/W \cdot W$$

Sehingga didapat hambatan total sebesar **3806.86 kN**

III. Perhitungan Hambatan Angin

Hambatan angin dihitung dengan metode Taylor sebagai berikut,

$$R_{AA} = 1,28 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot A_T \cdot (V_R)^2$$

Dengan memasukan input berupa,

$$A_T = \text{Luas proyeksi} = 3395,44 \text{ m}^2$$

$$\rho = \text{massa jenis udara} = 0.00238 \text{ ton/m}^3$$

$$V_R = \text{kecepatan angin} = 40 \text{ knot}$$

Maka didapat hambatan angin sebesar **8275.0947 kN**.

Sehingga hambatan total stadion apung adalah sebesar **12081.95 kN**.

5.3.3 Perhitungan Daya Mesin Pembangkit

Daya mesin pembangkit didapat dari merinci peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pengoperasian stadion apung ini. Setelah melakukan perincian, kebutuhan daya didapatkan berdasarkan spesifikasi barang yang ada di pasaran. Sebagai cadangannya dilakukan penambahan daya tak terduga sebesar 500 kW. Dan rinciannya diberikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.12. Rincian jumlah dan besar daya peralatan listrik

Daftar peralatan Listrik	Jumlah	Daya (KWatt)	Total (Kwatt)
Lampu Ruangan	400	0.03	12
Lampu Lapangan	104	2	208

Lampu Tribun	500	0.05	25
Lampu Dek	40	0.05	2
Lampu Navigasi & Menara	25	0.5	12.5
Pompa air (MCK)	20	1	20
Pompa air (Balast)	10	4	40
Pompa Bahan Bakar	16	4	64
Pompa Minyak Pelumas	16	4	64
Pemanas air	25	0.75	18.75
Mesin Tambat	8	50	400
Pendingin Ruangan	40	0.62	24.8
Alat Komunikasi (Telpon, Radio, Dll)	50	0.1	5
Kamera (Siaran dan Pertandingan)	20	0.1	2
Pengeras Suara	16	0.01	0.16
Papan Reklame			171.6
Layar Besar	2	1.1	2.2
dll		500	500

Total daya	=	1572.01 kWatt
------------	---	----------------------

Untuk menjaga bangunan dalam pengoperasiannya tetap pada kondisi tegak (*even keel*), maka diberikan 4 buah mesin pembangkit dengan merek Wartsila tipe 4L20 yang menghasilkan daya sebesar 520 kWatt pada masing-masing di tiap ujung badan kapal (haluan & buritan) 1 buah. Dan untuk menjaga agar suplai listrik tetap terjaga maka diberikan di tiap-tiap ujung 1 buah mesin pembangkit cadangan. Sehingga total mesin yang dibutuhkan sebanyak 8 buah.

Main data

Voltage 0.4 – 13.8 kV

Alternator efficiency 0.94 – 0.96

Rated power: Generating sets												
Engine type	C2 -output								C3 -output			
	720 rpm/60 Hz		750 rpm/50 Hz		900 rpm/60 Hz		1 000 rpm/50 Hz		900 rpm/60 Hz		1 000 rpm/50 Hz	
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
4L20	520	495	540	515	680	645	720	685	–	–	–	–
5L20	–	–	–	–	775	735	825	785	–	–	–	–
6L20	780	740	810	770	1 020	970	1 080	1 025	1 110	1 055	1 200	1 140
8L20	1 040	990	1 080	1 025	1 360	1 290	1 440	1 370	–	–	–	–
9L20	1 170	1 110	1 215	1 155	1 530	1 455	1 620	1 540	1 665	1 580	1 800	1 710

Principal genset dimensions (mm) and weights (tonnes)						
Engine	A*	H*	D	L*	M	Weight*
4L20	4910	1770/1920	1800	2338	1168	14.0
5L20	5220	1920	1800	2458/2558	1329	15.1
6L20	5325	1770/1920/2070	1800	2243/2323/2373	1299	16.8
8L20	6030	1920/2070	1800	2474/2524	1390	20.7
9L20	6535	2070/2300	1800	2524/2574	1390	23.8

* Values are based on standard alternator, whose type (water or air cooled) and size affects width, length, height and weight. Weight is based on wet sump engine with engine liquids. Gen. output based on generator efficiency of 95%. For definitions see page 43.

WÄRTSILÄ 20

Main data

Cylinder bore 200 mm

Piston stroke 280 mm

Cylinder output 130 - 200 kW/cyl

Speed 720 - 1000 rpm

Mean effective pressure 22.5 - 28.0 bar

Piston speed 6.7 - 9.3 m/s

Fuel specification:

Fuel oil 730 cSt/50°C

7200 sR1/100°F

ISO 8217, category ISO-F-RMK 55

SFOC 188-196 g/kWh

at ISO condition ± 5% tolerance

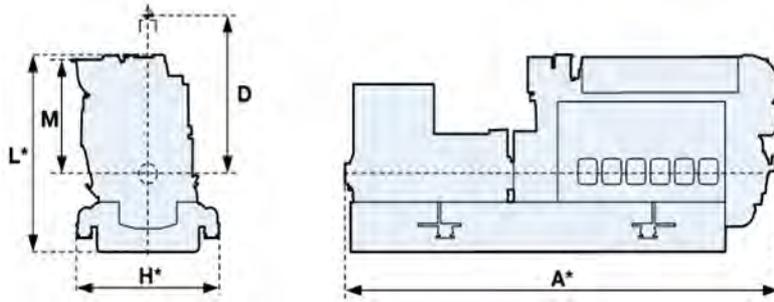
Rated power: Propulsion engines				
Engine type	Output in kW/bhp at 1 000 rpm			
	C2 -output		C3 -output	
	kW	bhp	kW	bhp
4L20	720	980	–	–
5L20	825	1 120	–	–
6L20	1 080	1 470	1 200	1 630
8L20	1 440	1 960	–	–
9L20	1 620	2 200	1 800	2 450

Principal engine dimensions (mm) and wet weights (tonnes)							
Engine type	A*	A	B*	B	C*	C	D
4L20	–	2 510	–	1 348	–	1 483	1 800
5L20	–	2 833	–	1 423	–	1 567	1 800
6L20	3 254	3 108	1 528	1 348	1 580	1 579	1 800
8L20	3 973	3 783	1 614	1 465	1 756	1 713	1 800
9L20	4 261	4 076	1 614	1 449	1 756	1 713	1 800
	E	F	H	K	N*	Weight*	
4L20	325	725	155	980	–	7.2	
5L20	325	725	155	980	–	7.8	
6L20	325	624	155	980	589	9.3	
8L20	325	624	155	980	708	11.0	
9L20	325	624	155	980	696	11.6	

For this engine type the dimension B refers to the highest point of the engine.

Weight with liquids (wet sump) but without flywheel.

*Turbocharger at flywheel end.



Gambar 5.17 Spesifikasi mesin

5.3.4 Analisa Kemampuan Operasional

5.3.4.1 Kemampuan Bersandar

Seperti pada perhitungan stabilitas, didapat sarat penuh sebesar **4,21 m**. Sementara, Teluk Jakarta memiliki kedalaman maksimal hingga **20 meter**, kolam pelabuhan di pelabuhan Sunda Kelapa memiliki kedalaman kolam pelabuhan hingga **4 meter** (<http://www.indonesiaport.co.id>) dan kedalaman kolam pelabuhan di pelabuhan Tanjung Priok adalah **6 m** (<http://www.priokport.co.id>). Dari kedua keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa **stadion apung mampu beroperasi dengan bersandar dengan keadaan muatan penuh di pelabuhan Tanjung Priok dan di lepas pantai Teluk Jakarta.**

5.3.4.2 Kebutuhan Kru dan Penonton

Kebutuhan kru dan penonton diperlukan untuk pertimbangan dalam mendesain rencana umum yang bertujuan agar bangunan dapat beroperasi dengan baik selama pertandingan berlangsung. Kebutuhan kru dan penonton terdiri atas air, bahan bakar, dan pelumas. Perhitungan akan kebutuhan kru dan penonton dilakukan dalam perhitungan berikut,

- Kebutuhan air tawar

Air tawar harus dapat memenuhi kebutuhan penonton dan kru selama 6 jam.

Perhitungan kapasitas tangki air tawar dilakukan sebagai berikut,

- Jumlah kru & penonton = diasumsikan 55.000 orang
- Konsumsi air = 60 kg/hari
- Lama pertandingan = 6 jam

Maka jumlah air tawar minimum,

Volume air tawar = Jumlah kru x lama pertandingan / 24 jam x konsumsi air

Volume air tawar = 55.000 x 6 jam / 24 jam x 60 kg/hari

Volume air tawar = 755190 kg = **755,19 ton**

- Kebutuhan bahan bakar dan pelumas

Kebutuhan bahan bakar didesain untuk memenuhi kebutuhan listrik setidak-tidaknya selama pertandingan berlangsung,

- Kebutuhan bahan bakar mesin (dari spesifikasi wartsila) = 188 g / kWh
- Kebutuhan pelumas (Poehl, 1982) = 1 – 2 % dari kebutuhan bahan bakar
- Lama pertandingan = 6 jam
- Kebutuhan daya = 1572.01 kWatt

Maka total kebutuhan bahan bakar,

Kebutuhan bahan bakar = Kebutuhan bahan bakar mesin x Lama pertandingan x Kebutuhan daya

Kebutuhan bahan bakar = 188g / kWh x 6 jam x 1572.01 kW

Kebutuhan bahan bakar = 1773227.28 gr = **1.77 ton**

Kebutuhan pelumas= diambil 3 % kebutuhan bahan bakar = **0.053 ton**

5.3.5 Perhitungan Periode Oleng

Perhitungan periode oleng dilakukan dengan rumus dari Derret dkk (2001) yaitu,

$$T = \frac{2K}{\sqrt{GM}}$$

dengan,

K = radius girasi (diasumsikan 0.5 lebar kapal) = 62.5 m

GM = jarak pusat massa terhadap titik metasenter = KB + BM– KG

Dengan, KB = 0.5 sarat = 0.5 x 3.24 m = 1.62 m

BM = $B^2 / 12 T$ (Derrick, 1999)

Dengan, B = 125 m

T = 3.24 m

BM = 401.8776 m

KG = 10 m (dianggap setinggi badan kapal)

GM = 393.49 m

Maka periode oleng,

T = $(2 \cdot 62,5) / (393,49)^{0.5} = 6.3 \text{ s}$

Maka didapatkan periode oleng sebesar **6.3 s**

5.3.6 Perhitungan Trim

Perhitungan trim dilakukan dengan menggunakan rumus Parson (2001) yaitu,

$$\begin{aligned}\text{Trim} &= \text{sarat belakang} - \text{sarat depan} \\ &= (LCB - LCG) \times (L - GM_L)\end{aligned}$$

Dimana,

- $LCG = LCB = 100$ m, diasumsikan kapal memiliki bentuk simetris secara memanjang
- $L = \text{panjang kapal} = 200$ m
- $GM_L = KB + BM - KG$

Dengan,

- $KB = 0.5 \times T = 0.5 \times 4.21 \text{ m} = 2.105 \text{ m}$
- $BM = L^2 / 12 T$ (Derrick, 1999)
 $BM = 200^2 / 12 \times 4.21$
 $BM = 791.7656 \text{ m}$
- $KG = \text{diasumsikan setinggi badan kapal} = 10 \text{ m}$
- Maka $GM_L = 2.105 \text{ m} + 791.7656 \text{ m} - 10 \text{ m}$
 $GM_L = 783.8706 \text{ m}$

Maka,

$$\text{Trim} = (100 - 100) \times (200 - 783.8706)$$

$$\text{Trim} = 0$$

Karena trim sebesar 0 m, maka didapat bahwa kapal berada pada kondisi *even keel*.

5.3.7 Perhitungan Sudut Olang & Trim

Besar sudut olang dan trim saat seluruh penonton berada pada satu sisi kapal, didapatkan melalui rumus dari *Ship design for Master and Mates*. (Derret, 1999) berikut:

$$\text{arc tan } \theta = \frac{w \cdot d}{\Delta \cdot MG}$$

Dimana,

- w = berat seluruh penonton (ton)
- d = jarak seluruh penonton terhadap pusat massa kapal (m)
- Δ = displasemen kapal (ton)

MG = jarak titik metasenter terhadap pusat massa kapal (m)

Perhitungan tersebut dilakukan dalam kondisi penuh melalui langkah-langkah sebagai berikut,

I. Perhitungan berat penonton

Penonton yang berada disatu sisi kapal diasumsikan sebanyak 55000 orang dengan berat masing-masing sebesar 0.1 ton sehingga didapatkan berat sebesar **5500 ton**.

II. Jarak penonton terhadap pusat massa kapal diasumsikan sebesar $\frac{1}{2}$ panjang kapal dan $\frac{1}{2}$ lebar kapal, yaitu 100 m dan 62.5 m

III. Displasmen kapal penuh sebesar 55034.6849 ton

IV. MG_T dihitung sebesar $BM + KB - KG = 393.49$ m. Sementara MG_L didapat dari perhitungan sebelumnya sebesar 783.8706 m

Dan perhitungan dilakukan sebagai berikut,

- Sudut trim saat seluruh penonton berada pada satu sisi kapal

$$\theta = \frac{5500 \text{ ton} \cdot 100 \text{ m}}{55034.685 \text{ ton} \cdot 783.87 \text{ m}}$$

$$\theta = 0.73^\circ$$

sudut trim saat seluruh penonton berada di satu sisi kapal sebesar 0.73°

- Sudut oleng saat seluruh penonton berada pada satu sisi kapal

$$\theta = \frac{5500 \text{ ton} \cdot 62.5 \text{ m}}{55034.685 \text{ ton} \cdot 393.49 \text{ m}}$$

$$\theta = 0.909^\circ$$

sudut oleng saat seluruh penonton berada di satu sisi kapal sebesar 0.909°

5.3.8 Pengaruh Momen Angin

Pengaruh momen angin dinyatakan dalam sudut oleng. Adapun besarnya dihitung melalui perhitungan dari *International Code on Intact Stability 2008* dengan tekanan angin sebesar 504 Pa, sebagai berikut,

$$\theta = 109 * k * X_1 * X_2 * \sqrt{r * s}$$

Dimana,

$k = 0.7$ karena kapal berbilga tajam

$X_1 = 0.8$ karena lebar : sarat ≥ 3.5

$X_2 = 0.89$ karena $C_b = 0.583$

$$r = 0.73 + 0.6 \text{ OG}/d,$$

OG = KG - d, dengan KG = diasumsikan setinggi badan kapal = 10 m

$$\text{OG} = 10 - 4.21 = 5.79 \text{ m}$$

maka,

$$r = 0.73 + 0.6 * 5.79 / 4.21$$

$$r = 1.555 \text{ m}$$

s = faktor periode oleng (periode oleng = 6.3 s)

$$s = 0.1$$

maka sudut oleng akibat pengaruh angin adalah,

$$\theta = 109 * 0.7 * 0.8 * 0.89 * \sqrt{1.555 * 0.1}$$

$$\theta = 21,42^\circ$$

5.3.9 Perhitungan Lambung Timbul

Perhitungan lambung timbul dilakukan berdasarkan peraturan *International Convention on Load Lines, 1966*. Perhitungan lambung timbul dilakukan saat kapal kondisi muatan penuh. Dimana pada kondisi tersebut kapal memiliki sarat sebesar **4.21 m**, dengan tinggi badan kapal sebesar **10 m**, maka lambung timbul kapal dihitung sebagai berikut,

I. memasukan input berupa,

$$L = 96\% \text{ Lwl pada } 0,85 \text{ D, atau}$$

$$= \text{Lpp pada } 0,85 \text{ D, diambil yang terbesar dari dua nilai tersebut}$$

$$= 200 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar maksimum kapal, diukur dimidship pada garis moulded frame untuk kapal logam}$$

$$= 125 \text{ m}$$

$$D = \text{Depth for freeboard}$$

$$= \text{Moulded depth amidship plus :}$$

1. Tebal pelat *stringer freeboard deck* jika dipasang.

2. $\frac{T(L-S)}{L}$ jika *exposed freeboard deck* dibuka

dimana :

T = Tebal dari *exposed sheathing clear of the deck* yang sedang terbuka

S = Panjang total bangunan atas

$$= 4.21 \text{ m}$$

C_b = *Block Coefficient*

$$= \frac{\nabla}{L.B.d_1}$$

$$= 0.583$$

d₁ = 85% x D

$$= 1,42 \text{ m}$$

Berdasarkan *Load Lines*, batasan *freeboard* adalah *actual freeboard* \geq *minimum freeboard*, dimana :

- *Actual freeboard* merupakan tinggi *freeboard* yang sebenarnya (H – T)
- Sedangkan *freeboard* minimum adalah hasil perhitungan menurut ILLC 1966 beserta koreksinya.

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan :

- *Actual freeboard* sebesar, **5.79 m**
- *freeboard* minimum sebesar **2.62 m**

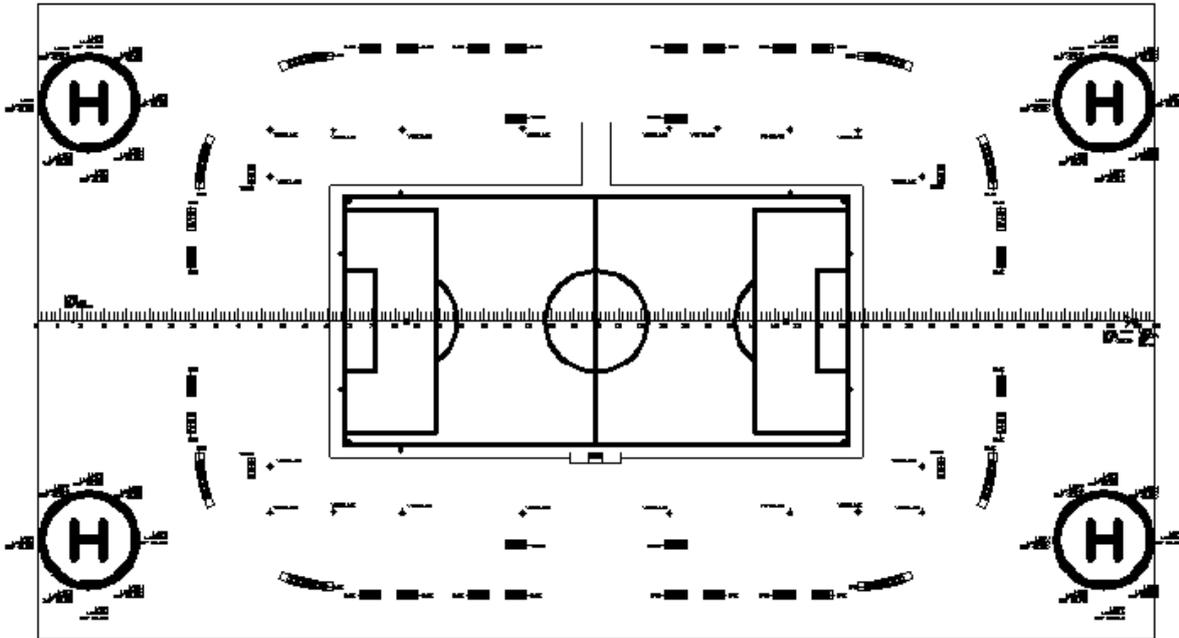
karena lambung timbul aktual lebih besar dari lambung timbul yang dipersyaratkan. maka ukuran kapal memenuhi ukuran ILLC 1966.

5.4 Pembuatan Rencana Umum Badan Kapal

5.4.1 Geladak Utama

Geladak utama dalam stadion apung dibuat terbuka dan cukup luas karena geladak utama memiliki fungsi sebagai berikut:

- Sebagai tempat pemindahan penonton dari kapal pengangkut menuju tribun stadion
- Sebagai tempat berkumpulnya penonton



Gambar 5.18Rencana umum geladak utama

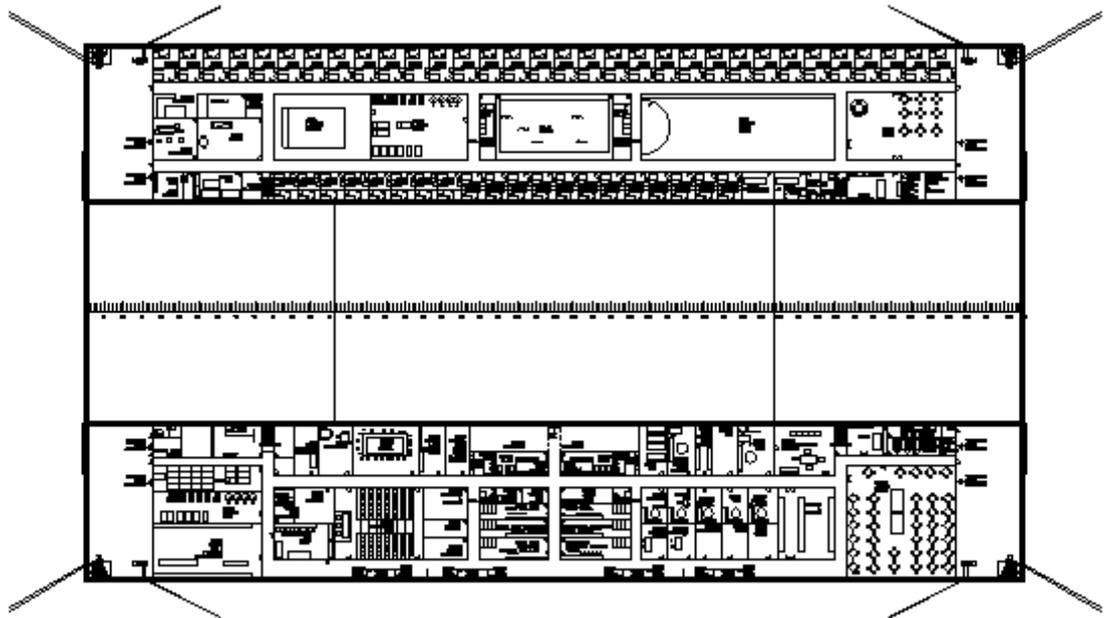
- Sebagai landasan helikopter
- Sebagai akses menuju lapangan
- Sebagai lantai transit antara tribun dan ruang akomodasi

5.4.2 Ruang Akomodasi

Ruang akomodasi di stadion apung diletakan dibawah geladak utama dengan tujuan menghindari kemungkinan pengerusakan oleh penonton. Ada 2 jenis ruang akomodasi di stadion apung ini, yaitu ruang yang diwajibkan FIFA dan ruang akomodasi tambahan. Ruangan yang diwajibkan FIFA dalam *Football Stadiums Technical Recommendation and Requirements*(2007), diantaranya :

- Ruang pemanasan
- Ruang ganti untuk pemain, berikut ruang pijat, kamar kecil, dan ruang bilas
- Ruang ganti untuk wasit, ditambah kamar kecil dan kamar bilas
- Ruang ganti untuk pendamping pemain wanita dan laki-laki
- Ruang rias artis wanita dan laki-laki
- Ruang ganti untuk pendukung upacara
- Ruang rapat panitia
- Ruang wartawan
- Ruang konferensi pers
- Gudang peralatan pertandingan dan alat reklame

- Ruang tes doping



Gambar 5.19 Rencana umum ruang akomodasi

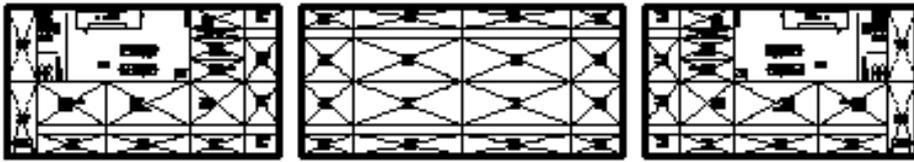
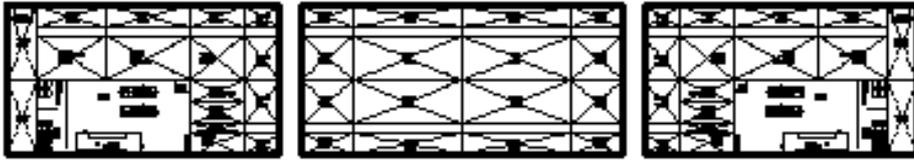
- Ruang P3K
- Tempat duduk pemain pengganti
- Kantor untuk panitia (wasit, koordinator, dll)
- dll

Sementara ruang akomodasi tambahan difungsikan sesuai kebutuhan operasional stadion dan akomodasi klub pemilik stadion. Ruangannya tersebut diantaranya:

- Kamar pribadi untuk pemain dan pelatih, berikut kamar mandi
- Fasilitas latihan dalam ruangan, contoh: ruang fitness, kolam renang, lapangan, dll
- Ruang kesehatan
- Dapur dan ruang makan
- Museum dan galeri
- Ruang pemiliki klub, dan pengurus stadion
- Gudang untuk peralatan, mesin, dan suku cadang
- Ruang jamuan makan dll

5.4.3 Ruang Mesin & Tangki

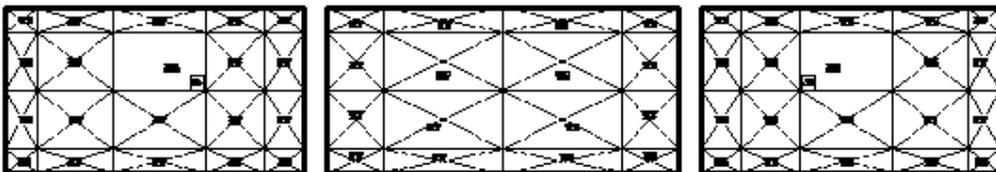
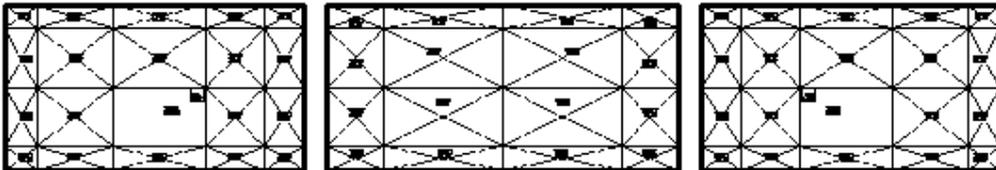
Ruang mesin berfungsi sebagai tempat mesin pembangkit dan pompa. Ruang mesin diletakan dibawah ruang akomodasi. Di ujung depan dan belakang (*fore* dan *aft*) dari lambung kanan



Gambar 5.20 Rencana umum ruang mesin dan tangki

(*portside*) maupun lambung kiri (*starboard*) untuk menjaga agar kapal tetap dalam kondisi tegak (*evenkeel*).

Sementara tangki, diletakan di dek yang sama dengan ruang mesin. Tangki diberikan sebesar mungkin untuk memperkecil periode suplai yang dapat menambah biaya operasi, baik suplai bahan bakar, air, maupun pelumas.



Gambar 5.21 Rencana umum tangki balas

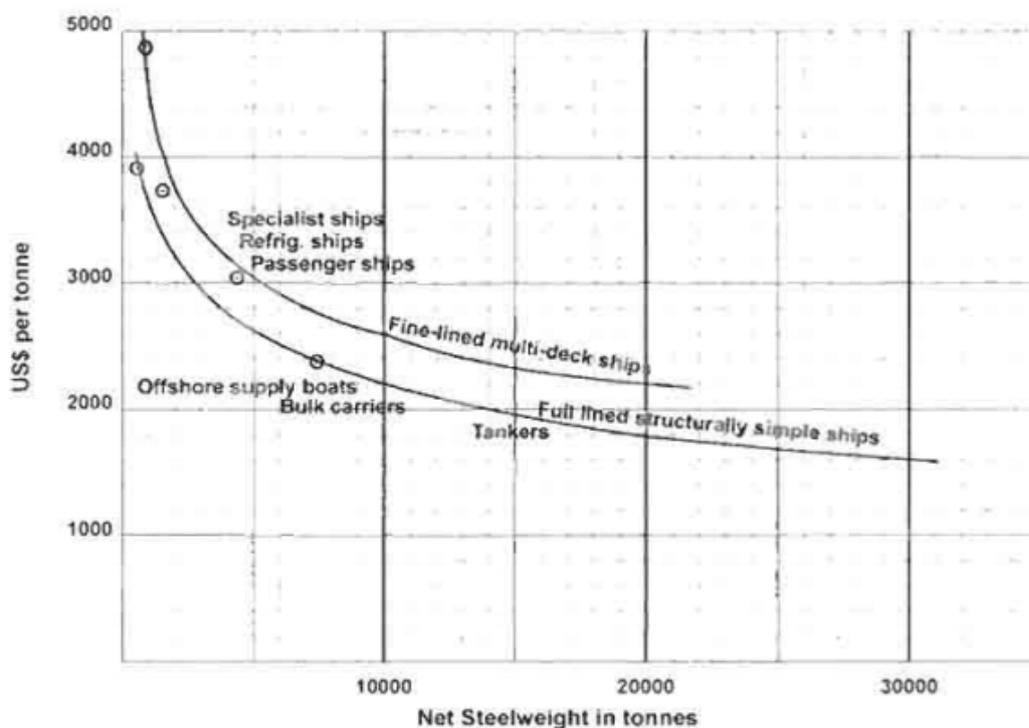
Ruang balas berfungsi untuk menjaga agar kapal tetap dalam kondisi tegak. Ruang balas diletakan disepanjang bawah ruang mesin dan tangki.

5.5 Perhitungan Biaya

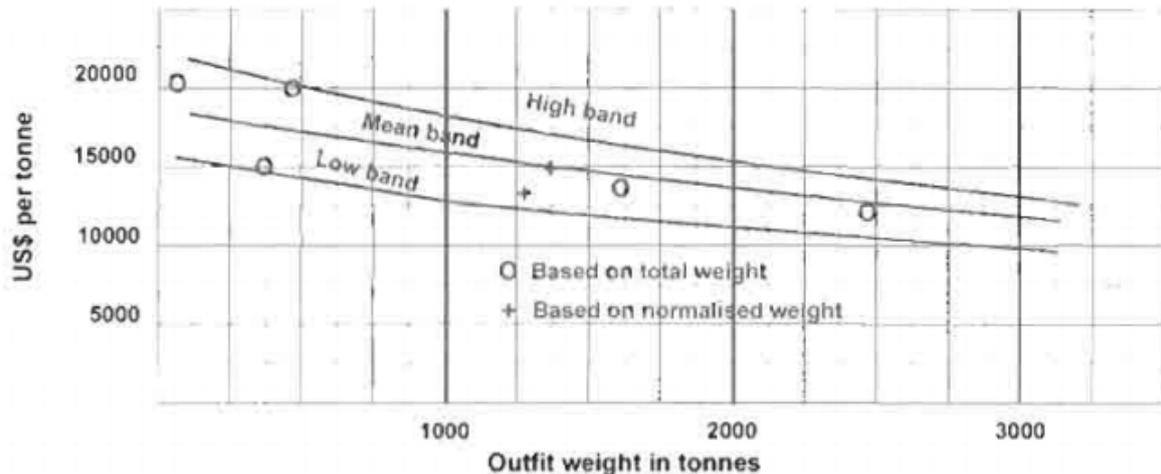
5.5.1 Perhitungan Harga

Harga diprediksi dengan menggunakan data dari buku *Practical Ship Design*, (Watson, 1998) yaitu pada Fig.18.10 untuk perkiraan harga struktur dan pada Fig.18.11 untuk perkiraan harga *outfitting*.

Harga kedua komponen kapal tersebut didapat dengan cara mencari terlebih dahulu total berat kedua komponen tersebut. Dengan kedua data total berat (absis) tersebut kemudian ditarik pada grafik dan kemudian didapatkanlah harga per ton dari komponen tersebut dengan mencocokkannya pada ordinat



Gambar 5.22 Tabel harga konstruksi (Watson, 1998)



Gambar 5.23 Tabel harga *outfitting* (Watson, 1998)

Untuk harga struktur per ton, pada perhitungan sebelumnya didapat total berat struktur sebesar **41948.62 ton**. Harga tersebut kemudian dicocokkan dengan grafik berat struktur per ton (grafik *special ship, passanger ship, dll*) sehingga didapatkan harga struktur per ton sebesar **US\$ 2.200**. Kemudian harga per ton tersebut dikalikan dengan total berat struktur sehingga didapat total harga struktur sebesar **\$83,282,188.00**.

Untuk total harga *outfitting*, dimana stadion apung memiliki total berat *outfitting* sebesar **490.28 ton**. Apabila ditarik pada grafik perkiraan harga *outfitting* per ton (grafik *mean band*) maka akan didapat harga *outfitting* per ton sebesar **US\$ 14000** sehingga apabila harga tersebut dikalikan dengan harga total berat *outfitting* akan didapatkan harga total **US\$6,163,920.00**.

Dan 10% dari penjumlahan keduanya diambil untuk biaya diluar berat. Dari penjumlahan biaya struktur, biaya *outfit*, dan biaya diluar berat didapatlah biaya pembangunan sebesar **US\$98,390,718.80**.

Dari biaya pembangunan, harga stadion apung didapat dari penjumlahan biaya pembangunan, ditambah laba 5%, inflasi 2%, dan bantuan pemerintah -9%. Sehingga dari total keempat harga tersebut didapatlah harga stadion ini sebesar **US\$96,422,904.42** atau jika dikonversi dalam rupiah (Rp 12.000 / US\$) menjadi **Rp1,157,074,853,088.00**

5.5.2 Biaya Operasional

Biaya operasional per tahun didapat dari total biaya gaji kru, kebutuhan bahan bakar, air, pelumas, serta perawatan. Dimana rincian dari biaya operasional dirinci dalam tabel berikut,

Tabel 5.13. Daftar gaji pegawai

UMR DKI JAKARTA =

Rp 2,500,000.00

GAJI KRU PERBULAN

DAFTAR KRU	GAJI PER BULAN	JUMLAH	TOTAL PER TAHUN
SATPAM	Rp 2,500,000.00	12	Rp 360,000,000.00
PET. KEBERSIHAN & PERAWATAN (WC)	Rp 1,500,000.00	5	Rp 90,000,000.00
PET. KEBERSIHAN & PERAWATAN (TRIBUN)	Rp 1,500,000.00	5	Rp 90,000,000.00
PET. KEBERSIHAN & PERAWATAN (RUANGAN)	Rp 1,500,000.00	3	Rp 54,000,000.00
PET. KEBERSIHAN & PERAWATAN (LAPANGAN)	Rp 1,500,000.00	4	Rp 72,000,000.00
TEKNISI LISTRIK	Rp 4,000,000.00	2	Rp 96,000,000.00
TEKNISI MESIN	Rp 4,000,000.00	4	Rp 192,000,000.00
TEKNISI PERPIPAAN	Rp 4,000,000.00	4	Rp 192,000,000.00
PEMANDU WISATA	Rp 3,500,000.00	3	Rp 126,000,000.00
ADMINISTRASI	Rp 3,500,000.00	5	Rp 210,000,000.00
KEPALA STADION	Rp 5,000,000.00	1	Rp 60,000,000.00
			Rp 1,542,000,000.00

Tabel 5.14. Biaya kru pertandingan

**BIAYA KRU
PERTANDINGAN**

DAFTAR KRU	BAYARAN PER PERTANDINGAN	JUMLAH	PEMAKAIAN PER MUSIM	TOTAL PER MUSIM
POLISI	Rp 500,000.00	5000	40	Rp 100,000,000,000.00
DOKTER	Rp 2,000,000.00	2	40	Rp 160,000,000.00
MC	Rp 3,000,000.00	1	40	Rp 120,000,000.00
LAIN-LAIN	Rp 50,000.00	20	40	Rp 40,000,000.00
				Rp 100,320,000,000.00

catatan : Biaya kru pertandingan per tahun bisa kurang dari asumsi maksimal yang dikeluarkan

Kebutuhan Karyawan @ 365 hari

jenis	konsumsi harian	satuan	biaya per satuan	total biaya per hari	total per tahun
BBM	42	liter	Rp 8,000.00	Rp 336,000.00	Rp 122,640,000.00
Air	100	liter	Rp 3,000.00	Rp 300,000.00	Rp 109,500,000.00
Makanan	20	Kg	Rp 10,000.00	Rp 200,000.00	Rp 73,000,000.00

Kebutuhan Pemain & Pelatih dengan asumsi setahun menjalani 40 laga kandang @ 4 hari tinggal di Akomodasi

jenis	konsumsi harian	satuan	biaya per satuan	total biaya per hari	total per tahun
BBM	42	liter	Rp 8,000.00	Rp 336,000.00	Rp 53,760,000.00
Air	5000	liter	Rp 3,000.00	Rp 15,000,000.00	Rp 2,400,000,000.00
Makanan	200	Kg	Rp 10,000.00	Rp 2,000,000.00	Rp 320,000,000.00

Kebutuhan Pertandingan dengan asumsi setahun 40 laga kandang @ 1 hari

jenis	konsumsi harian	satuan	biaya per satuan	total biaya per hari	total per tahun
BBM	168	liter	Rp 8,000.00	Rp 1,344,000.00	Rp 53,760,000.00
Air	50000	liter	Rp 3,000.00	Rp 150,000,000.00	Rp 6,000,000,000.00

sehingga total
kebutuhan per
tahun = **Rp 9,132,660,000.00**

Kebutuhan Reparasi & Suku Cadang

diasumsikan 0.3 % dari biaya Operasional (Gaji + BBM & Akomodasi) =

Rp 32,983,980.00

catatan: biaya diasumsikan maksimal yang dikeluarkan. Biaya aslinya bisa jauh lebih kecil dari perhitungan

maka total biaya operasionalnya = **Rp 9,465,643,980.00** per tahun

5.6 Uji Hipotesis

Penelitian ini dibuat dengan hipotesis awal bahwa stadion apung lebih murah daripada stadion yang ada didarat. Dari total harga yang didapat, jika dibandingkan dengan harga Estadi Cornella El Prat dengan harga € 62.180.000 atau jika dikonversi dalam rupiah (Rp 15.000/€) menjadi Rp 932.700.000.000 yang berkapasitas 40.000 penonton (terletak di Cornella de Llobregat, Barcelona, Spanyol) dari buku *UEFA Guide to Quality Stadiums* (2011) maka dapat disimpulkan **stadion apung lebih mahal daripada stadion yang ada di darat** dan hipotesis yang dikemukakan diawal tidak terbukti.

KESIMPULAN & SARAN

1.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain:

1. Ukuran utama stadion apung yang sesuai dengan kondisi perairan teluk Jakarta memiliki panjang keseluruhan = panjang garis air = 200 m, lebar = 125, tinggi = 10 m, dengan sarat penuh = 4.21 m. Dimana stadion apung tersebut terdiri dari 6 buah ponton dengan ukuran ponton depan *starboard*, depan *portside*, belakang *starboard*, dan belakang *portside* yang masing-masing memiliki ukuran sebesar, panjang keseluruhan = panjang garis air = 60 m, lebar = 33.5 m, dan tinggi = 10 m. Sementara untuk ponton tengah *portside* dan *starboard*, masing-masing memiliki ukuran panjang garis air = panjang keseluruhan = 70.4 m, lebar = 33.5 m, dan tinggi = 10 m.
2. Badan kapal stadion apung terdiri atas 6 segmen ponton untuk memudahkan proses reparasi dan perawatan dengan bangunan atas berada ditengah dengan penempatan yang simetris agar beroperasi dalam kondisi *even keel*.
3. Stadion mampu beroperasi di Teluk Jakarta, namun untuk operasi dengan bersandar stadion apung hanya mampu beroperasi di kolam pelabuhan Tanjung Priok yang memiliki kedalaman 6 m.
4. Stadion apung lebih mahal dari pada stadion yang ada di darat dalam hal pembangunan.

1.2 Saran

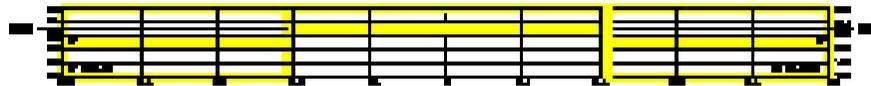
Perencanaan ini hanya dilakukan pada tahapan konsep desain sehingga terdapat beberapa aspek yang memang tidak dipertimbangkan dalam tugas akhir ini. Sehingga diperlukan analisa lebih lanjut untuk mendapatkan hasil desain yang lebih optimal.

1. Dalam tugas akhir ini tidak dilakukan perhitungan konstruksi dan kekuatan memanjang kapal sehingga analisa terhadap komponen ini dapat dilakukan untuk tahapan desain selanjutnya untuk mendapatkan desain stadion apung yang memenuhi batasan kekuatan memanjang .
2. Diperlukan analisa olah gerak kapal untuk melengkapi performa kapal dalam berbagai kondisi gelombang yang ada sehingga akan dapat diperoleh hasil desain kapal yang lebih akurat.

LAMPIRAN

RENCANA GARIS & RENCANA UMUM

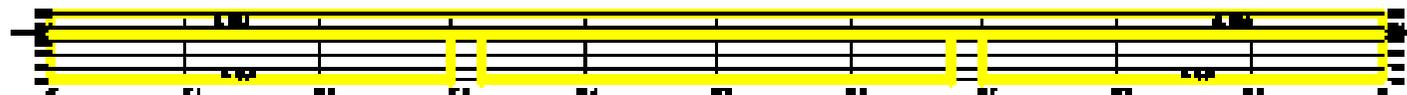
BODY PLAN



HALF BREADTH PLAN



SHEER PLAN



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 65.000 PENONTON

RENCANA GARIS

NO	REVISI	REVISI	REVISI
1	01	01	01
2	02	02	02
3	03	03	03
4	04	04	04
5	05	05	05
6	06	06	06
7	07	07	07
8	08	08	08
9	09	09	09
10	10	10	10

DISKUSI 1.00

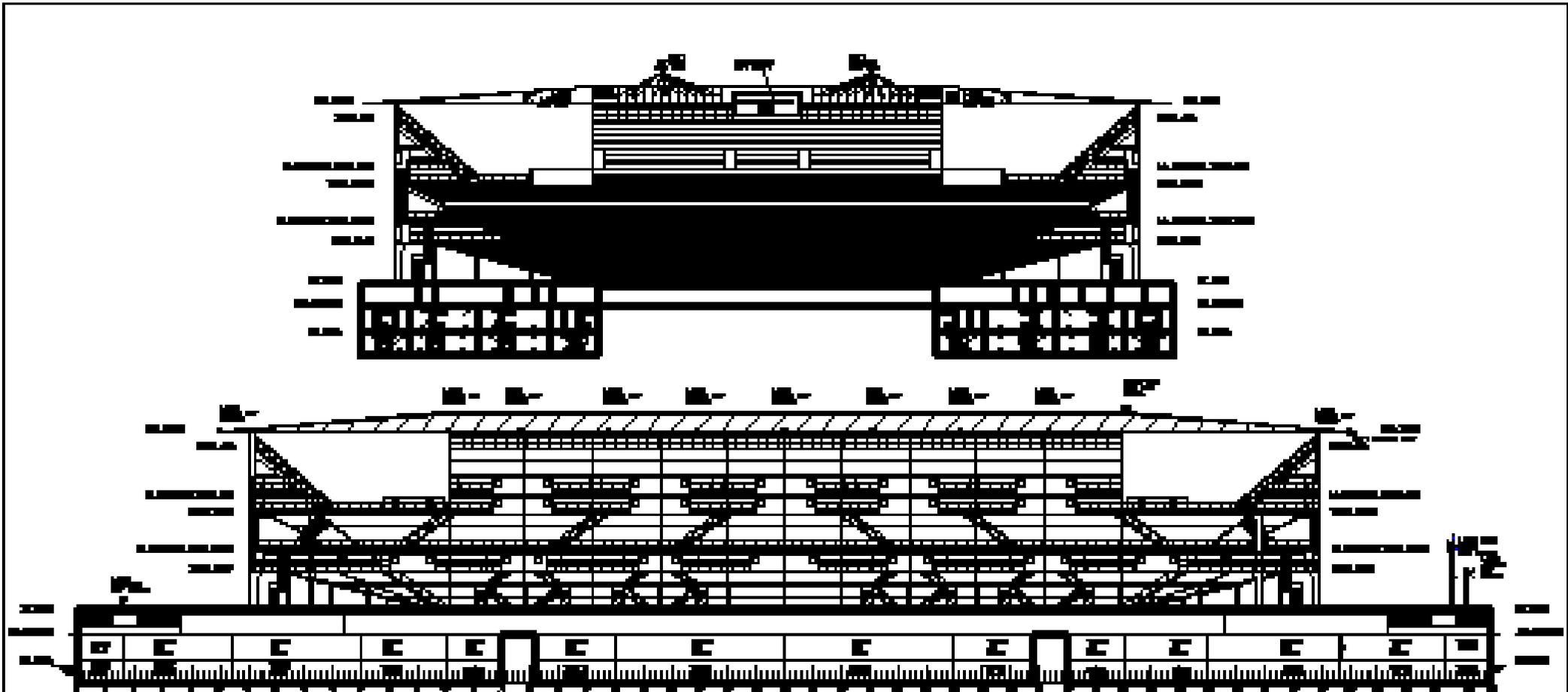
PERIODISASI
DITA RICKY SURYOPUTRANTO

PERUBAHAN 1 YANG BERKAITAN
PADA DESAIN STRUKTUR, PLO 0

Revisi 1/2024

Revisi 1/2024

Revisi 1/2024



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (TAMPAK PENAMPANG DAN TAMPAK SAMPING)

SERIAL : 000

Tanda Tangan

No.oral

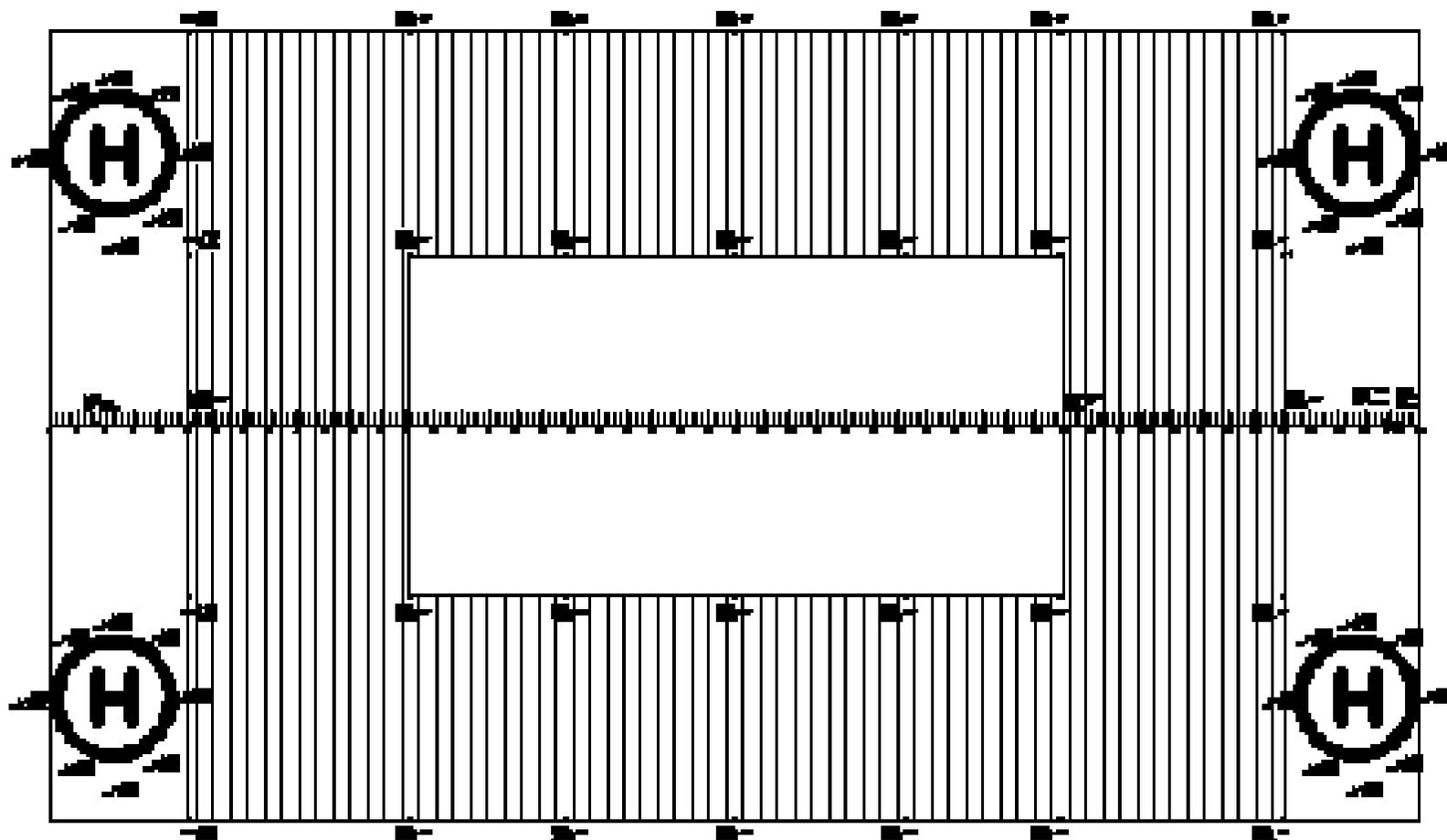
catatan

PENGGAMBAR:

ISTA RICKY SURYODIRANTO

PENYEMING & YANG MENSETUJUI:
 Prof. DJAUHAR MANFAT, Ph.D

11



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (TAMPAK ATAS)

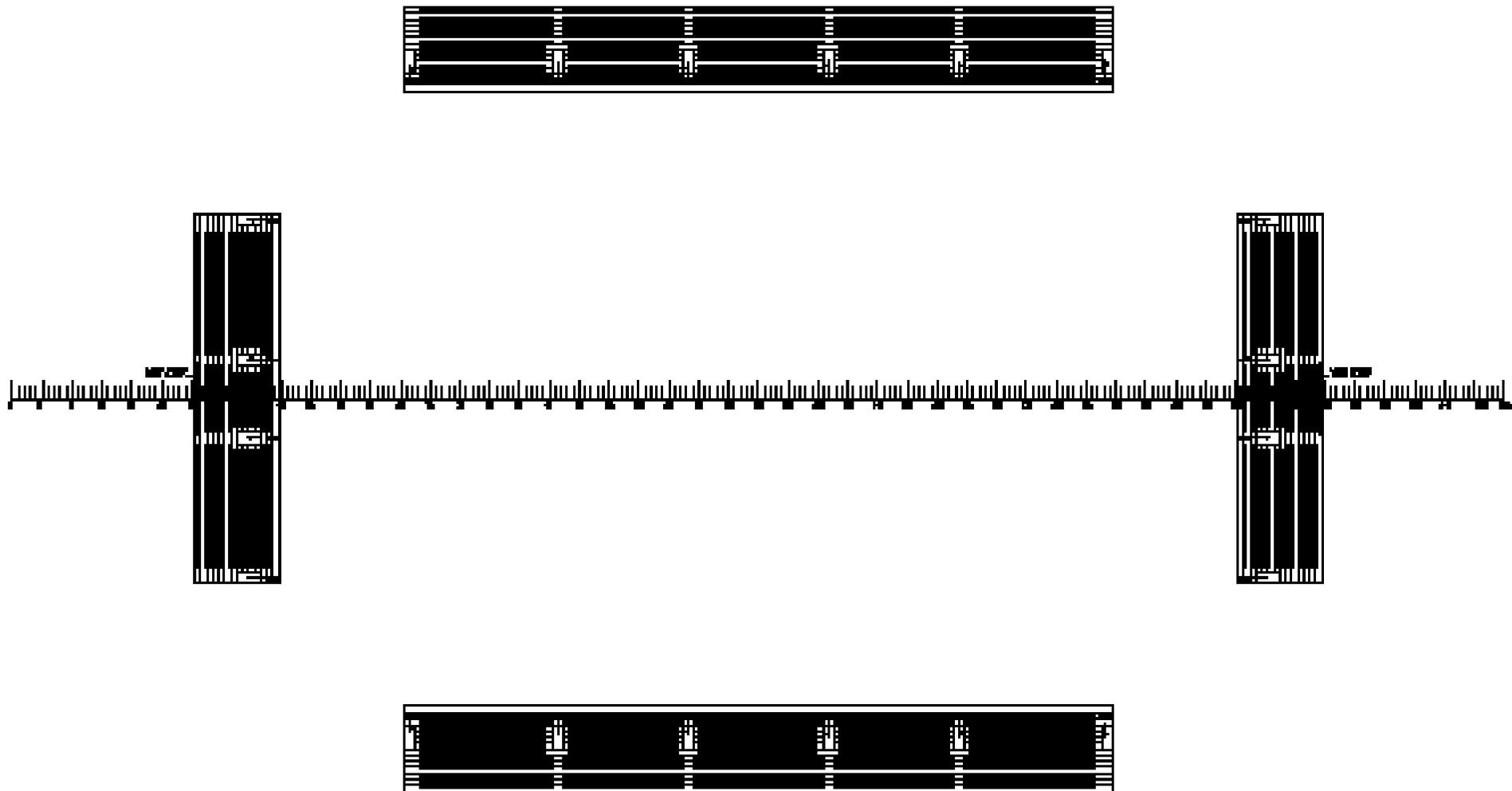
SKALA 1 : 1000

PERGAMBAR

ISTARI RIKY SURYOPUTRANTO

PENYUNTING & YANG MENYETUJUI:
 Prof. DJAUHAR MANFAAT, Ph.D

Tanda Tangan	tanggal	catatan
	11/2	

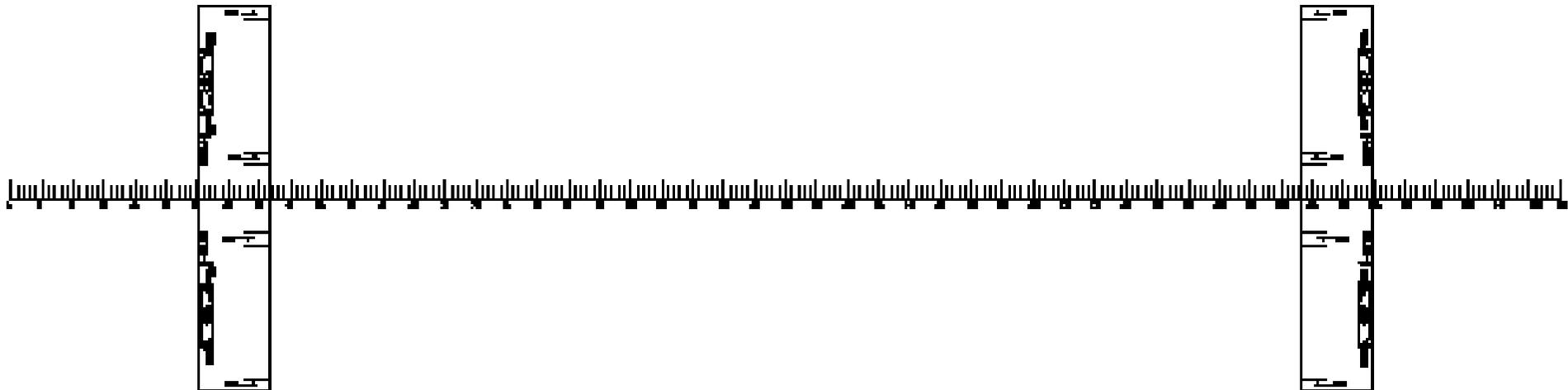


JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (TRIBUN ATAS)

SKALA 1 : 800	Tanda Tancan	tanggal	catatan
PENGGAMBAR ISTA RICKY SURYOPUTRANTO			
PEMBIMBING & YANG MENYETUJUI: Prof DJAUHAR MANFAAT, Ph.D		113	



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSITITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
(LANTAI PENGHUBUNG TRIBUN ATAS)

SKALA 1 : 800

PENGGAMBAR

IS TA RICKY SURYOPUTRANTO

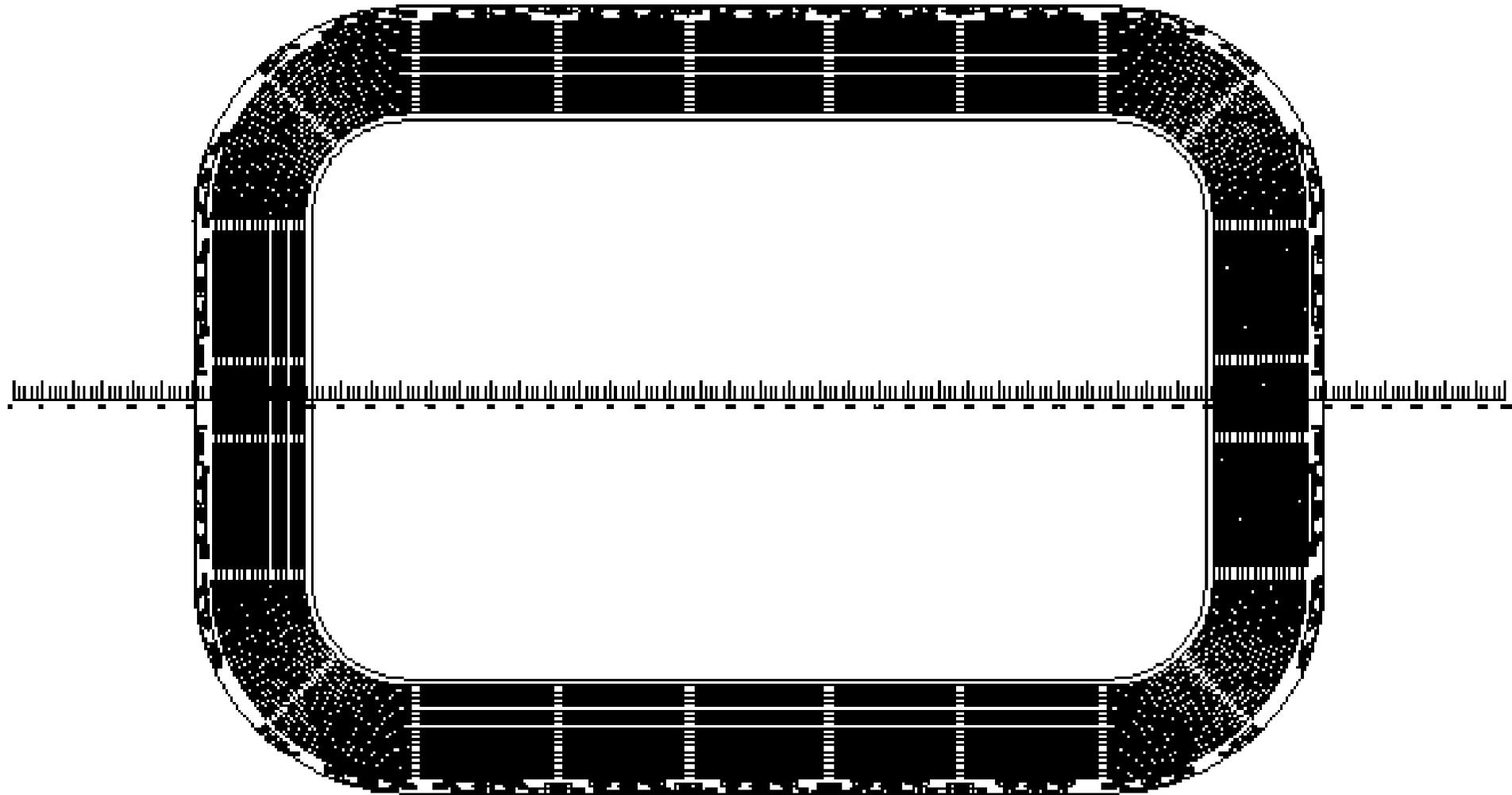
PEMBIMBING & YANG MENSETUJUI:
Prof. DWI HAR MANFAAT, Ph.D

Tanda Tergen

tanpa

catatan

114



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (TRIBUN TENGAH)

SKALA 1 : 800

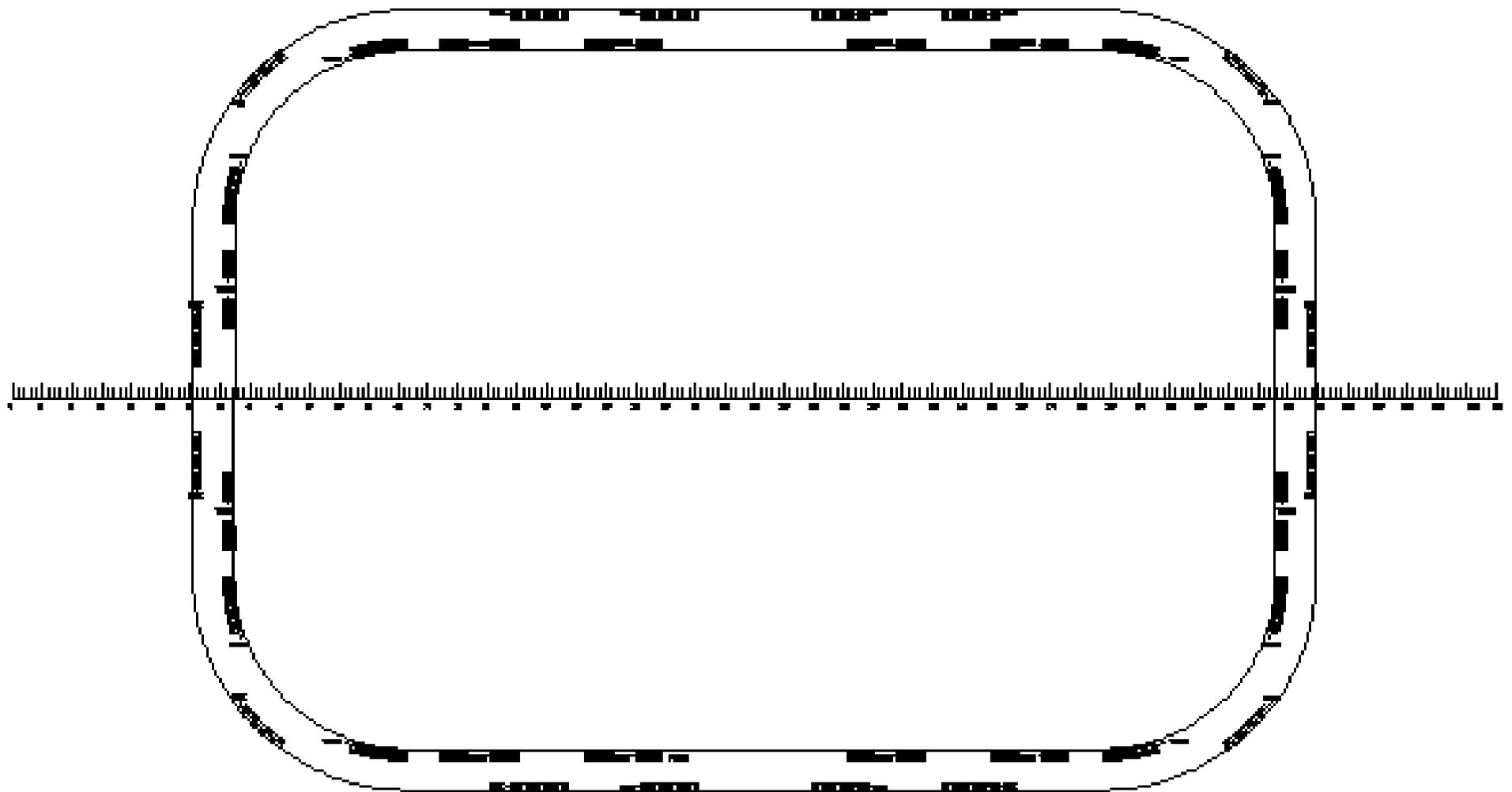
PENGGAMBAR:

ISTA RICKY SURYOPUTRANTO

PEMBIMBING & YANG MENYETUJUI:

Prof. DJAUHAR MANFAAT, Ph.D

Tanda Taran	lengkap	catatan
	115	



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (LANTAI PENGHUBUNG TRIBUN TENGAH)

SKALA 1: 800

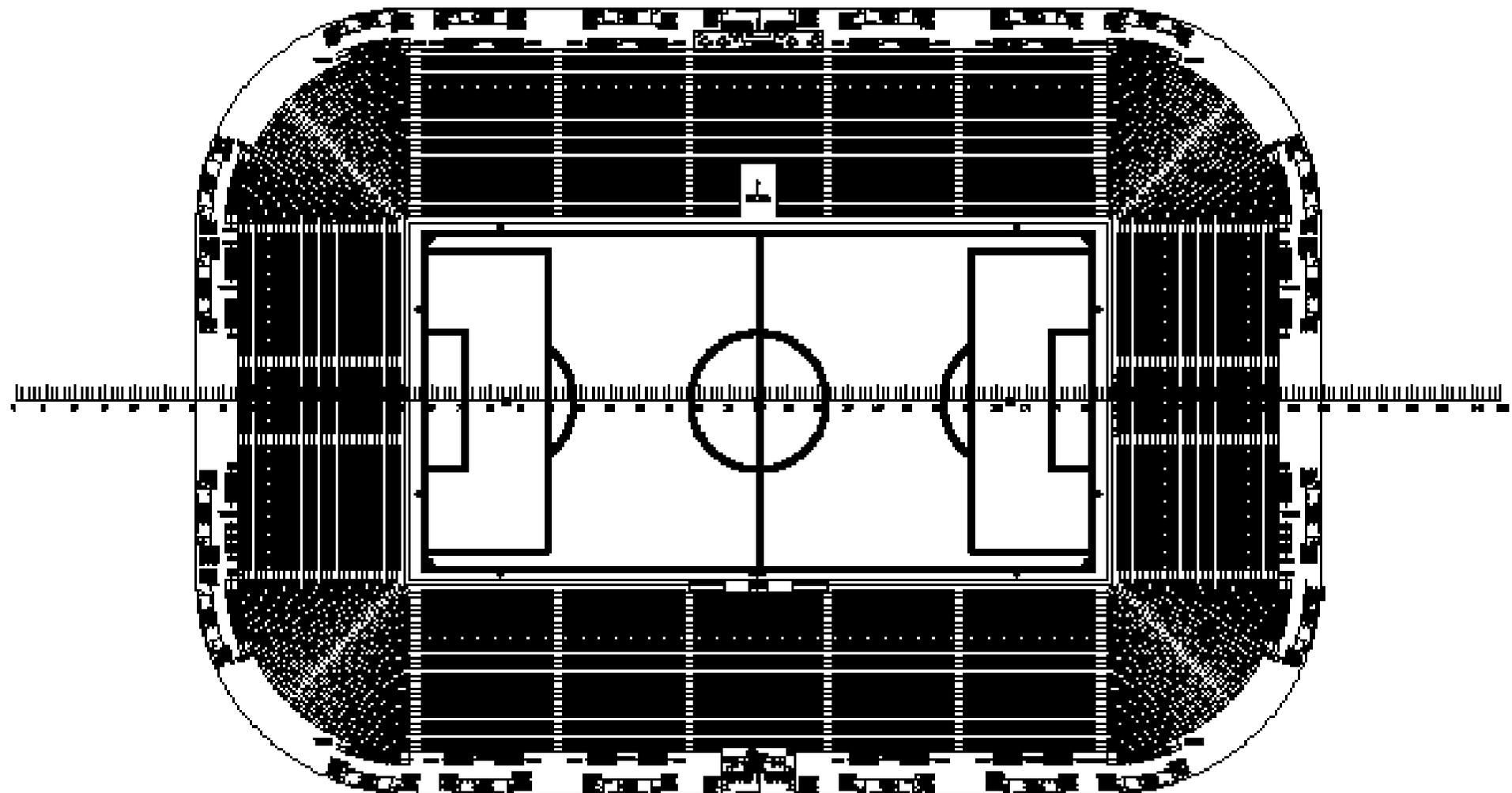
PENGAMBAR:

ISTA RICKY SURYO PUTRANTO

PEMBIMBING & YANG MENYETUJUI:

Prof. DJAUHAR MANFAAT, Ph.D

Tanda Tangan	tanggal	catatan
		116



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (TRIBUN BAWAH)

SKALA 1: 800

PENGAMBAR:

ISTA RIKY SURYOPUTRANTO

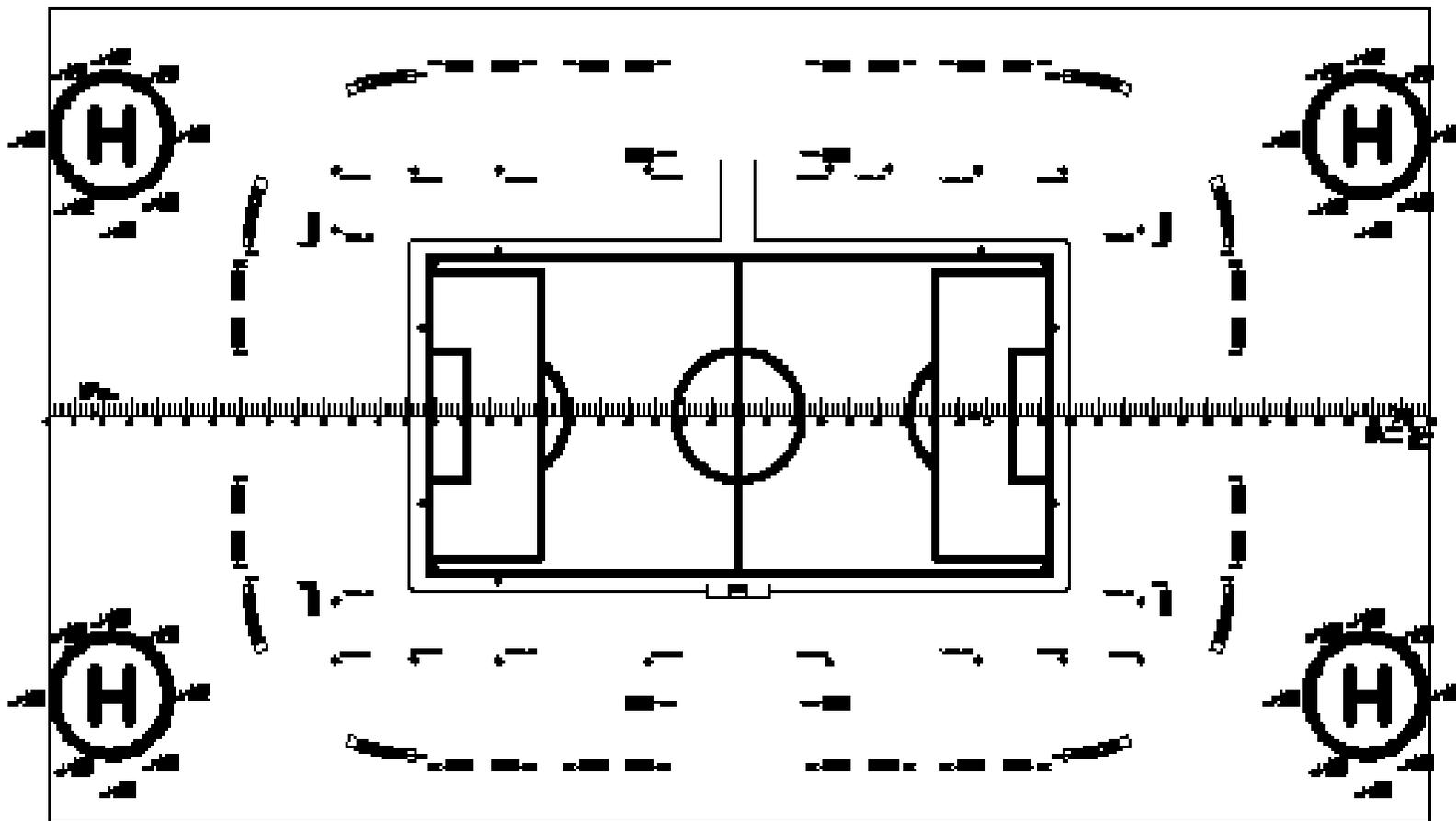
PEMBIMBING & YANG MENSETUJUI:

Prof. DJAUHAR MANFAAT, PhD

Tanda Tarcari

taragal

catatan



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (TRIBUN BAWAH)

SKALA 1 : 1000

PENGAMBAR:

ISTA RICKY SURYOPUTRANTO

PEMBIMBING & YANG MENYETUJUI:

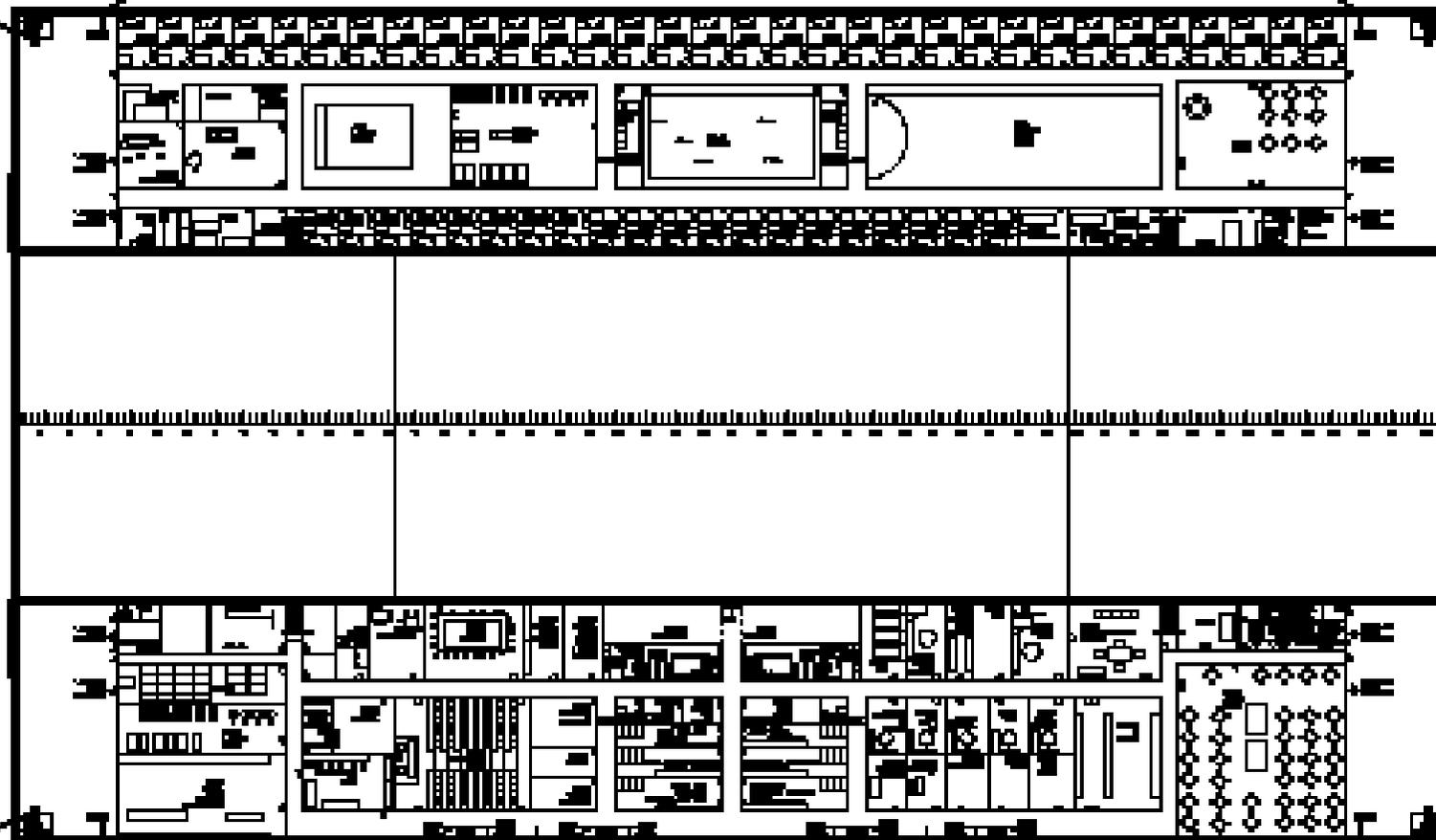
Prof. DJAUHAR MANFAAT, Ph.D

Tanda Tangan

tanggal

catatan

118



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

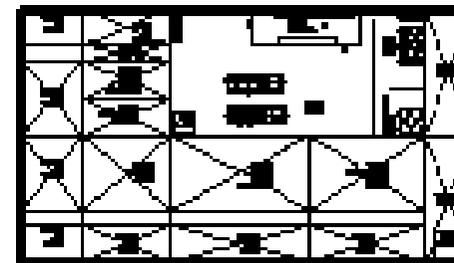
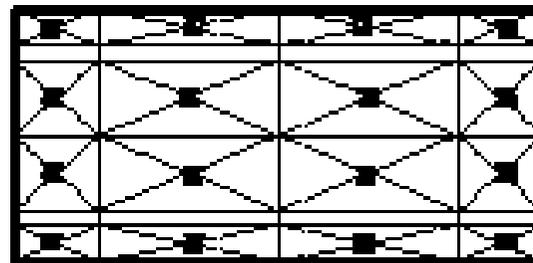
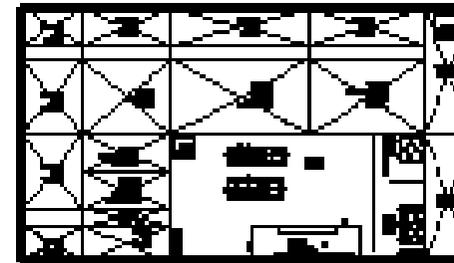
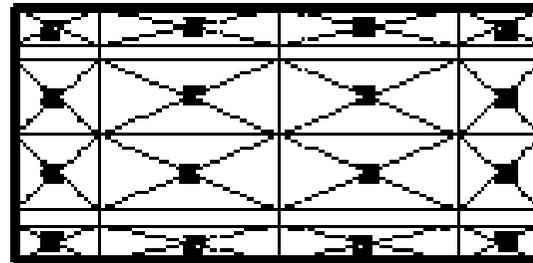
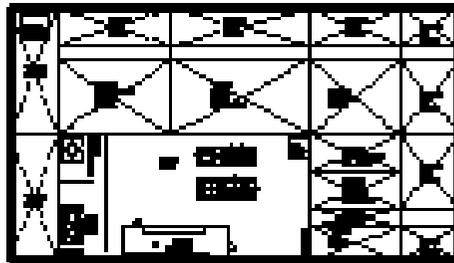
RENCANA UMUM
 (DEK AKOMODASI)

SKALA 1 : 1000

Tanda Tangan tanggal catatan

PENGGAMBAR:
 ISTA RICKY SURIYOPUTRANTO

PENSBIMBING & YANG MENSETUJUI:
 Prof. DJULHAR MANFAAT, Ph.D



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
 (DEK KEDUA)

SKALA 1: 1000

PENGAMBAR:

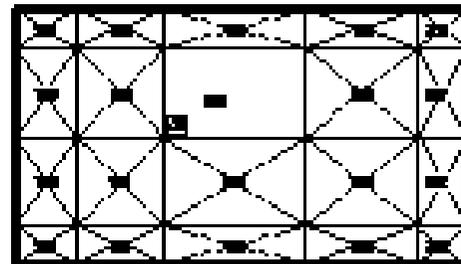
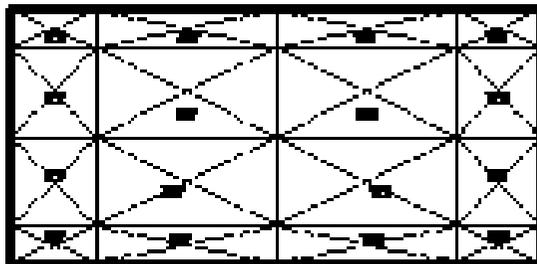
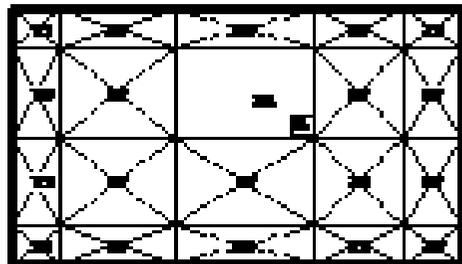
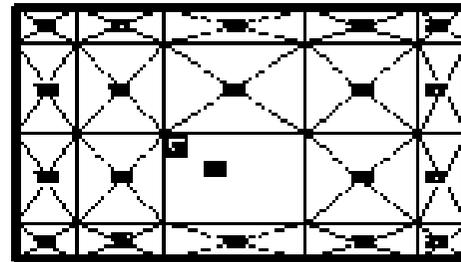
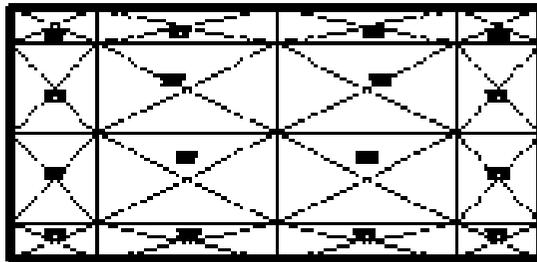
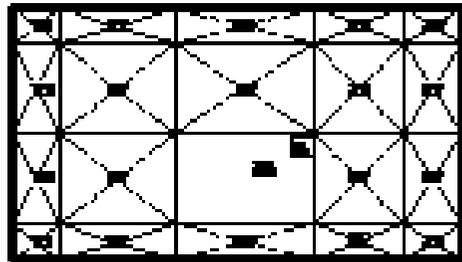
ISTARI RICKY SURYO PUTRANTO

PEMBIMBING & YANG MENYETUJUI:
 Prof. DJAUHAR MANRAT, Ph.D

Tanda Tarcen

tanggal

catatan



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

STADION APUNG KAPASITAS 45.000 PENONTON

RENCANA UMUM
(ATAS TANGKI)

SKALA 1 : 1000

Tanda Tangan tanggal catatan

PENGGAMBAR:
ISTA RICKY SURYOPUTRANTO
PEMBIMBING & YANG MENSETUJUI:
Prof. DJALIHAR MANFAAT, Ph.D

121

