TUGAS AKHIR – MN 184802

DESAIN *ELITE SPECIAL FORCES HOVERCRAFT* (ESFH) *CAPSTONE* UNTUK PERAIRAN PROVINSI PAPUA

Haritz Azzarie
NRP 04111640000070

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2020

TUGAS AKHIR – MN 184802

DESAIN *ELITE SPECIAL FORCES HOVERCRAFT* (ESFH) *CAPSTONE* UNTUK PERAIRAN PROVINSI PAPUA

Haritz Azzarie
NRP 04111640000070

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

FINAL PROJECT – MN 184802

ELITE SPECIAL FORCES HOVERCRAFT (ESFH) CAPSTONE DESIGN FOR PAPUA PROVINCE

Haritz Azzarie
NRP 04111640000070

Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *ELITE SPECIAL HOVERCRAFT (ESFH) CAPSTONE* UNTUK PERAIRAN PROVINSI PAPUA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HARITZ AZZARIE
NRP 04111640000070

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.	Danu Utama, S.T., M.T.
NIP 19640210 198903 1 001	NIP 19901008 201803 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 06 AGUSTUS 2020

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL *ELITE SPECIAL FORCES HOVERCRAFT (ESFH) CAPSTONE* UNTUK PERAIRAN PROVINSI PAPUA

TUGAS AKHIR
Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 23 Juli 2020

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HARITZ AZZARIE
NRP 04111640000070

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. ……..……..……..

2. Hasanudin, S.T., M.T. ……..……..……..

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. ……..……..

2. Danu Utama, S.T., M.T. ……..……..

SURABAYA, 06 AGUSTUS 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Danu Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini dan selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS;
2. Bapak Hasanudin, S.T., M.T., dan Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Moh. Sholikhan Arif, S.T., M.T selaku Dosen Wali yang telah membimbing selama masa perkuliahan;
4. Papa, Mama, Adek serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;
5. Safira Habiba Nuhaa yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman P56 IRONCLAD dan Anak Bimbingan Tugas Akhir Pak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. yang telah bersama-sama berjuang selama masa kuliah dan membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 06 Agustus 2020

Haritz Azzarie

DESAIN *ELITE SPECIAL FORCES HOVERCRAFT* (ESFH) *CAPSTONE* UNTUK PERAIRAN PROVINSI PAPUA

Nama Mahasiswa	: Haritz Azzarie
NRP	: 04111640000070
Departemen / Fakultas	: Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing	: Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. dan Danu Utama, S.T, M.T.

ABSTRAK

Pada era pemerintahan Presiden Ir. H. Joko Widodo saat ini, tepatnya 2 periode yang sedang berjalan, wilayah Indonesia bagian Timur menjadi incaran karya misi pembangunan. Di era pemerintahan ini pula, Bapak Presiden telah merombak mitos sentralisasi pembangunan yang sebelumnya hanya fokus di wilayah barat. Banyaknya isu kasus yang bermunculan seperti 31 pekerja proyek jembatan di jalur Trans Papua yang tewas dibunuh Kelompok Kriminal Bersenjata (KKB) yang diduga pemberontak menjadi perhatian khusus saat ini, dimana dalam artian kompleks perlunya sistem keamanan dan keselamatan yang ketat dalam era pembangunan pada kawasan Indonesia bagian Timur. Hal ini yang menjadi bahan untuk pengerjaan Tugas Akhir penulis, dimana diperlukannya kendaraan khusus untuk menjaga keamanan dan keselamatan pada era pembangunan pada kawasan ini. Hovercraft merupakan kendaraan yang tepat untuk menjaga territorial perairan dan pesisir pantai, ini dikarenakan Hovercraft memiliki banyak kelebihan, bukan hanya sebagai kendaraan amfibi (dapat berjalan didarat maupun laut), melainkan hovercraft ini juga dapat mengoptimalkan fungsi waktu dimana dalam dunia militer fungsi ini merupakan fungsi yang sangat vital seperti kegiatan penyergapan dan penyusupan. Kapal yang didesain memiliki *payload* 90 pasukan elit khusus , 12 orang *crew,* 1 tank Harimau PT.Pindad, 4 anoa *Amphibious* PT.Pindad, 90 senjata SS2-V5 PT.Pindad dengan ukuran utama Panjang (Loa): 57.52 m; Lebar (B): 25.22 m; Tinggi (H): 3.22 m; Sarat (T) 1.61 m; Kecepatan (Vs): 40 Knot dengan rute dari Bandar Udara Ewer menuju Kabupaten Nduga melewati Sungai Agats, Provinsi Papua. Biaya pembangunan kapal sebesar Rp 1,802,911,716. Prototype yang dibuat dengan skala 1:110.

Kata kunci : *hovercraft,* pembangunan, keamanan, kabupaten Nduga

ELITE SPECIAL FORCES HOVERCRAFT (ESFH) CAPSTONE DESIGN FOR PAPUA PROVINCE

Author : Haritz Azzarie
Student Number : 04111640000070
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. and Danu Utama, S.T, M.T.

ABSTRACT

In the era of President Ir. H. Joko Widodo right now, exactly 2 periods are ongoing, the eastern part of Indonesia has become the target of development mission work. In this era of government too, Mr. President has overhauled the myth of centralization of development which previously only focused on the western region. The number of case issues that have arisen such as 31 bridge project workers on the Trans Papua route killed by the Armed Criminal Group (KKB) who are suspected of being rebels is of particular concern at this time, which in terms of the complex need for a tight security and safety system in the era of development in parts of Indonesia East. This is the material for the work of the author's Final Project, where special vehicles are needed to maintain security and safety in the era of development in this region. Hovercraft is the right vehicle to maintain territorial waters and coastal areas, this is because Hovercraft has many advantages, not only as an amphibious vehicle (can run on land or sea) but this hovercraft can also optimize the function of time wherein the military world this function is a function that very vital such as ambushes and infiltration activities. The ship was designed to have a payload of 90 special elite troops, 12 crew members, 1 PT. Pindad Tiger tank, 4 Amphibious PT.Pindad, 90 SS2-V5 PT.Pindad weapons with the main size Length (Loa): 57.52 m; Width (B): 25.22 m; Height (H): 3.22 m; Loaded (T) 1.61 m; Speed (Vs): 40 Knots with the route from Ewer Airport goes to Nduga District across the Agats River, Papua Province. The cost of building the ship is Rp. 1,802,911,716. The prototype made with a scale of 1:110.

Kata kunci: *hovercraft, development,* KKB*, security, Nduga District*

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI vii
KATA PENGANTAR xi
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xv
DAFTAR ISI xvii
DAFTAR GAMBAR xxi
DAFTAR TABEL xxv
DAFTAR SIMBOL xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Manfaat 3
1.6. Hipotesis 3
BAB 2 STUDI LITERATUR 5
2.1. Dasar Teori 5
2.1.1. Tahapan Desain Kapal 5
2.1.2. Metode Desain Kapal 6
2.1.3. Gambaran Umum *Hovercraft* 7
2.1.4. Komponen Utama *Hovercraft* 8
2.1.5. Jenis-jenis *Hovercraft* 9
2.1.6. Dasar Teori *Hovercraft* 12
2.1.7. *Hull* dan *Skirt Hovercraft* 13
2.1.8. Sistem Penggerak *Hovercraft* 16
2.1.9. Olah Gerak dan Stabilitas *Hovercraft* 20
2.2. Tinjauan Pustaka 21
2.2.1. *Hovercraft* 21
2.2.2. *ZUBR-Class Hovercraft* 21
2.2.3. Provinsi Papua 23
2.2.4. Layout Awal 25
BAB 3 METODOLOGI 27
3.1. Bagan Alir 27
3.2. Diagram Alir (*Flow Chart*) Perancangan dan Analisa *Hovercraft* 28
3.3. Tahap Pengerjaan 29
3.3.1. Tahap Identifikasi Masalah 29
3.3.2. Tahap Studi Literatur 29
3.3.3. Tahap Pengumpulan Data 29
3.3.4. Tahap Pengolahan Data 29
3.3.5. Tahap Perencanaan 30
3.3.6. Tahap Perhitungan Biaya 30

3.3.7. Kesimpulan dan Saran 30
BAB 4 PERHITUNGAN DAN ANALISIS data 31
4.1. Pra Perancangan 31
4.2. Persyaratan 32
4.2.1. Penentuan Operational Requirement 32
4.2.2. Rute Operasi 32
4.2.3. Penentuan *Payload* 33
4.3. Penentuan Ukuran Utama Awal 34
4.4. *Layout* Awal kapal *Elite Special Forces Hovercraft* 35
4.5. Rencana Garis dan Rencana Umum 37
4.5.1. Rencana Garis 37
4.5.2. Rencana Umum 39
4.6.2.1 Tata Letak Ruang 40
4.6. Perhitungan Hambatan *Hovercraft* 40
4.7. Perhitungan Berat *Hovercraft* 44
4.8. Perencanaan Tangki 53
4.9. Perhitungan Hambatan *Hovercraft* 53
4.10. Perhitungan Sistem *Lifter* dan Sistem *Thruster* 58
4.11. Perhitungan Tinggi Rintangan di Darat dan di Laut 65
4.12. Perhitungan Titik Berat *Hovercraft* 70
4.13. Analisa Stabilitas *Hovercraft* 73
4.13.1. Analisa Stabilitas Berdasarkan Formula 74
4.13.2. Analisa Stabilitas Menggunakan *Maxsurf Stability* 78
4.13.3. Pengecekan Perhitungan Stabilitas Menggunakan *Software Maxsurf Stability* pada 3 (Tiga) Kondisi Berdasarkan Standar Kriteria IMO 84
4.14. Analisa Manuver *Hovercraft* 86
4.15. Analisa *Seakeeping Hovercraft* 96
4.15.1. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 45^{o} 96
4.15.2. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 90^{o} 97
4.15.3. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 135^{o} 97
4.15.4. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 180^{o} 98
4.15.5. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 45^{o} 98
4.15.6. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 90^{o} 99
4.15.7. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 135^{o} 99
4.15.8. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 180^{o} 100
4.15.9. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 45^{o} 100
4.15.10. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 90^{o} 101
4.15.11. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 135^{o} 101
4.15.12. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 180^{o} 102
4.15.13. Batasan Kriteria Analisis *Seakeeping Elite Special Forces Hovercraft* 102
4.16. Pemilihan Perlengkapan *Hovercraft* 103
4.16.1. Permesinan 103
4.16.2. Peralatan Akomodasi 104
4.16.3. Peralatan Keselamatan 107
4.16.4. Perlengkapan Komunikasi 108
4.16.5. Peralatan Pemadam Kebakaran 108
4.17. Pembuatan Prototype *Elite Special Forces Hovercraft* 109
4.17.1. Komponen Prototype *Elite Special Forces Hovercraft* 109
4.17.2. Proses Pembuatan Protype *Elite Special Forces Hovercraft* 110

4.17.3. Rancangan Komponen Sistem Elektrik Prototype 121
BAB 5 DESAIN KAPAL 123
5.1. Rencana Garis dan Rencana Umum 123
5.1.1. Rencana Garis 123
5.1.2. Rencana Umum 126
5.1.2.1. Tata Letak Ruang 126
5.1.2.2. *General Arrangement* 126
5.1.2.3. *Profile View* 127
5.1.2.4. *Main Deck* 128
5.1.2.3. *Poop Deck* 131
5.1.2.3. *Front View* 132
5.1.2.4. Desain 3D 132
5.1.2.5. Desain Prototype 133
BAB 6 PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL 137
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN 139
7.1.1. Kesimpulan 139
7.2. Saran 140
DAFTAR PUSTAKA 141
LAMPIRAN
LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS
LAMPIRAN B DESAIN *LINESPLAN*
LAMPIRAN C DESAIN *GENERAL ARRANGEMENT* DAN *LINESPLAN*
LAMPIRAN D DESAIN 3D
LAMPIRAN E KATALOG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Ship Design Spiral* 5
Gambar 2. 2 Gambaran Umum *Hovercraft* 8
Gambar 2. 3 Konsep Kerja *Hovercraft* 9
Gambar 2. 4 *Open Plenum* 10
Gambar 2. 5 *Peripheral Jet* 10
Gambar 2. 6 *Flexible Skirt* 11
Gambar 2. 7 *Flexible Skirt Hovercraft* 11
Gambar 2. 8 *Fixed Wall* 12
Gambar 2. 9 *Lift System Diagram* 16
Gambar 2. 10 Efisiensi Daun *Impeller* 19
Gambar 2. 11 Olah Gerak *Hovercraft* 20
Gambar 2. 12 *Military Hovercraft* 21
Gambar 2. 13 *ZUBR-Class Hovercraft* Russia (Enrico Brunoni, 2017) 22
Gambar 2. 14 Provinsi Papua dan Papua Barat (google image) 23
Gambar 2. 15 *Side View Elite Special Forces Hovercraft* 25
Gambar 2. 16 *Top View Elite Special Forces Hovercraft* 25
Gambar 2. 17 *Front View Elite Special Forces Hovercraft* 25
Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir 27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Tugas Akhir 28
Gambar 4. 1 Rute Operasi (sumber : *google image*) 33
Gambar 4. 2 *Top View Elite Special Forces Hovercraft* 36
Gambar 4. 3 *Side View Elite Special Forces Hovercraft* 36
Gambar 4. 4 *Front View Elite Special Forces Hovercraft* 36
Gambar 4. 5 *Top View Hull Form Model ESFH* 37
Gambar 4. 6 *Right View Hull Form Model ESFH* 37
Gambar 4. 7 *Front View Hull Form Model ESFH* 38
Gambar 4. 8 *Top View Skirt Model ESFH* 38
Gambar 4. 9 *Right View Skirt Model ESFH* 39
Gambar 4. 10 *Front View Skirt Model ESFH* 39
Gambar 4. 11 Grafik Cw terhadap Lc/Bc yang Konstan 41
Gambar 4. 12 Grafik Variasi Koefisien Hambatan Gelombang Skirt (Csk2) terhadap Pc/Lc. 44
Gambar 4. 13 Grafik Cw terhadap Lc/Bc yang Konstan 54
Gambar 4. 14 Grafik Variasi Koefisien Hambatan Gelombang Skirt (Csk2) terhadap Pc/Lc. 57
Gambar 4. 15 Efisiensi Daun *Impeller* 59
Gambar 4. 16 Skematik *Centrifugal Fan Impeller* 61
Gambar 4. 17 Skematik *Scroll Housing Fan* 61
Gambar 4. 18 Grafik Variasi Efisiensi Propeller pada Sudut yang Berbeda 62
Gambar 4. 19 *Duct Air Propeller* 64
Gambar 4. 20 Grafik Tekanan Statis pada *Centrifugal Fan* terhadap Volume Udara Angkat 65
Gambar 4. 21 Grafik Tinggi Angkat *Hovercraft* terhadap Volume Udara Angkat dan Tekanan Statis 66
Gambar 4. 22 Skema Tinggi Lintasan *Hovercraft* 67
Gambar 4. 23 Grafik Tinggi Lintasa di Darat terhadap Kemiringan Lintasan 67

Gambar 4. 24 Grafik Tinggi Gelombang terhadap Panjang Gelombang Laut..... 69
Gambar 4. 25 Grafik Panjang Gelombang Laut terhadap Kecepatan Gelombang Laut..... 70
Gambar 4. 26 Grafik *Righting Moment* (GZ) *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi I 79
Gambar 4. 27 Grafik *Righting Moment* (GZ) *Elite Special Force Hovercraft* pada Kondisi II 81
Gambar 4. 28 Grafik *Righting Moment* (GZ) *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi III 83
Gambar 4. 29 Operasi Lintasan *Hovercraft* dalam Melakukan Maneuver 87
Gambar 4. 30 Gaya yang Bekerja pada Sebuah *Hovercraft* saat Berbelok 88
Gambar 4. 31 Grafik *Surging Elite Special Forces Hovercraft* 89
Gambar 4. 32 Grafik *Yawing Elite Special Forces Hovercraft* 90
Gambar 4. 33 Grafik *Swaying Elite Special Forces Hovercraft* 91
Gambar 4. 34 Grafik *Rolling ESFH* saat tidak berpoperasi 92
Gambar 4. 35 Grafik *Rolling ESFH* saat beroperasi 93
Gambar 4. 36 Grafik Manuver *ESFH* saat Stabilitas Statis 94
Gambar 4. 37 Grafik Manuver *ESFH* saat Stabilitas Dinamis 95
Gambar 4. 38 RAO pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut heading 45 deg 96
Gambar 4. 39 RAO pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut heading 90 deg 97
Gambar 4. 40 RAO pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut heading 135 deg .. 97
Gambar 4. 41 RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut heading 180 deg 98
Gambar 4. 42 RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 45 deg 98
Gambar 4. 43 RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 90 deg 99
Gambar 4. 44 RAO pada kecepatan 35knots dengan sudut *heading* 135 deg..... 99
Gambar 4. 45 RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 180 deg 100
Gambar 4. 46 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 45 deg 100
Gambar 4. 47 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 90 deg 101
Gambar 4. 48 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 135 deg 101
Gambar 4. 49 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 180 deg 102
Gambar 4. 50 *Engine Bentley Marine 507A-2* 103
Gambar 4. 51 Dimensi Centrifugal Fan 104
Gambar 4. 52 *Echo Seat* 105
Gambar 4. 53 *Ambulance Stretcher* 106
Gambar 4. 54 *Fieldtex Back Pack Red* 107
Gambar 4. 55 Tabung Oksigen 107
Gambar 4. 56 *Lifejacket* (Sumber:www.proguardsafety.com) 108
Gambar 4. 57 Pembagian *Station* Lambung Kapal 110
Gambar 4. 58 Hasil Kerangka / *Puzzle Station* 111
Gambar 4. 59 Rangkaian *Station* Prototype 111
Gambar 4. 60 Penempelan kulit prototype dengan balsah 112
Gambar 4. 61 Dudukan *Thrust* Prototype 112
Gambar 4. 62 Kulit *Deck* Prototype Dibolongi 113
Gambar 4. 63 Penempatan Dudukan *Thrust* 113
Gambar 4. 64 Dudukan *Lift* Prototype 114
Gambar 4. 65 Pemberian Lem Epoxy pada Prototype 114
Gambar 4. 66 Pemberian resin dan katalis pada prototype 115
Gambar 4. 67 Pemberian dempul pada prototype 115
Gambar 4. 68 Penghalusan permukaan prototype dengan amplas 116
Gambar 4. 69 Pengeringan dempul basah dengan *hairdryer* 116

Gambar 4. 70 Pemberian cat primer pada prototype 117
Gambar 4. 71 Pemberian cat warna pada prototype 117
Gambar 4. 72 Bentuk bangunan atas dengan PVC Foam 118
Gambar 4. 73 Pemberian *surfacer* pada bangunan atas 118
Gambar 4. 74 *Bone Skirt Hovercraft* 119
Gambar 4. 75 Pemasangan *skirt* dibawah *hovercraft* 119
Gambar 4. 76 Penempelan stiker ke *hovercraft* 120
Gambar 4. 77 *Elite Special Forces Hovercraft* 120
Gambar 4. 78 Rancangan sistem elektrik prototype 121
Gambar 4. 79 *Elite Special Forces Hovercraft* tampak atas 134
Gambar 4. 80 Penulis sedang memainkan prototype 135

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan antara Lebar dan Panjang dengan Kemampuan Angkat (*Lifting Capability*) pada *Hovercraft* Persegi yang diukur dari GCL (*Ground Contact Line*) 14
Tabel 2. 2 Perbandingan Tekanan Diferensial dan Faktornya 15
Tabel 4. 1 *Payload* 34
Tabel 4. 2 Data Ukuran Utama Kapal Pembanding 35
Tabel 4. 3 Jarak *Station ESFH* 37
Tabel 4. 4 Perbandingan Daya dan Diameter *Air Propeller* 63
Tabel 4. 5 Perhitungan Tinggi Angkat *Hovercraft* 65
Tabel 4. 6 Perhitungan Tinggi Lintasan di Darat 66
Tabel 4. 7 Perhitungan Panjang Gelombang Laut 68
Tabel 4. 8 Perhitungan Kecepatan Gelombang Laut 69
Tabel 4. 9 Titik Titik Berat dan Titik *Lift* Saat Tidak Beroperasi 71
Tabel 4. 10 Titik Berat dan Titik *Lift* Saat Beroperasi 72
Tabel 4. 11 *Loadcase* pada Kondisi 1 78
Tabel 4. 12 Hasil Analisa Stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi I 79
Tabel 4. 13 *Loadcase* pada Kondisi II 80
Tabel 4. 14 Hasil Analisa Stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi II 80
Tabel 4. 15 Loadcase pada Kondisi III 82
Tabel 4. 16 Hasil Analisa Stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi III 83
Tabel 4. 17 Spesifikasi Centrifugal Fan 104
Tabel 4. 18 Spesifikasi *Echo Seat* 104
Tabel 4. 19 Spesifikai *Echo Seat* 105
Tabel 4. 20 Dimensi Lemari 106

DAFTAR SIMBOL

H = tekanan total fan (N /m^2)

Q = volume udara angkat (m^3/s)

F h = effisiensi fan

M h = effisiensi transmisi

Q' = koefisien aliran udara angkat hovercraft berdasarkan statistical method nilainya 0.015 – 0.030

W = berat total hovercraft (N)

S = cushion pressure (m^2)

p_c = tekanan oleh berat total hovercraft terhadap luasan bantalan tekan (N/m^2)

$\rho\alpha$ = 1,2257 kg/m^3

H' = koefisien tekanan total fan

μ_2 = circular velocity of the fan impeller (m/s)

$\rho\alpha$ = 1,2257 kg/m^3

Ψ = *course direction of the craft*

a = *rudder angle*

R = *turning radius*

m = *craft mass*

W = *craft weight*

θ = *heeling angle of craft*

F_a = *force acting on rudder*

Z_g = *VCG*

Z_a = *arm of force exerting on rudder (distance from ground to the centre of force acting on rudder)*

Fs = *resistance due to air cushion and skirt*

Fc = *jetted thrust due to air leakage from cushion during turning manoeuvre*

Fm = *air momentum force*

Z_m = *distance from ground to the centre of air momentum force*

Fa = *aerodynamic profile drag*

X_a = *distance from ground to the centre of aerodynamic profile drag*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia diibaratkan kapal laut harusnya seimbang karena selama ini pembangunan berat sebelah. Arah pembangunan bangsa ini selalu pada wilayah bagian barat sedangkan Indonesia wilayah timur pembangunannya lambat. Wilayah bagian Timur seperti Maluku, Maluku Utara, Papua dan Papua Barat masih harus berlari untuk menyamakan ketertinggalannya yang jauh. Program Pemerintah Jokowi-Jusuf Kalla berkomitmen pembangunan akan mulai fokus pada Indonesia wilayah timur. Pembangunan tidak hanya berorientasi ke wilayah Jawa atau Jawa-sentris, tapi juga Papua dan lainnya. Hal ini yang melatarbelakangi melakukan percepatan pembangunan infrastruktur di setiap daerah saat ini menjadi salah satu fokus dalam pemerintahannya. Terlebih pembangunan di daerah pinggiran dan perbatasan antar-negara.

Era gencar pembangunan saat ini seperti proyek pembangunan jalan Trans Papua tidaklah berjalan dengan mudah. Ini dibuktikan adanya banyak isu-isu kasus pekerja Trans Papua yang tewas dibunuh oleh Kelompok Kriminal Bersenjata (KKB). Kejadian ini diduga dilakukan oleh pemberontak yang menolak adanya pembangunan insfrastruktur konektivitas ini. Puluhan orang yang tewas dibunuh yakni pekerja proyek dari PT. Istaka Karya di jalur Trans Papua, Kabupaten Nduga. Hal ini menjadi perhatian khusus dimana perlu adanya sistem keamanan dan keselamatan yang ketat dalam era pembangunan pada kawasan Indonesia bagian Timur.

Tema desain *Elite Special Forces Hovercraft* sejalan dengan fokusan era gencar pembangunan saat ini, yaitu untuk menjaga sistem keamanan dan pertahanan khususnya pekerja pembangunan, dan warga sekitar pada kawasan Indonesia bagian Timur dari pemberontak yang menolak adanya pembangunan insfrastruktur maupun pemberontak yang ingin memisahkan diri dari papua. *Hovercraft* ini merupakan jawaban dari tujuan pembangunan agar tidak lagi memakan korban.

Elite Special Forces Hovercraft merupakan kapal *hovercraft* dirancang yang memiliki banyak keunggulan. Fungsi utama *Elite Special Forces Hovercraft* ini adalah membawa dan menempatkan pasukan elite khusus dan tank pendukung agar sampai ketempat lokasi penyergapan dan penyusupan dengan mempertimbangkan fungsi waktu. Fungsi waktu ini menjadikan faktor

pokok bahasan didalam lingkup dunia *military* dikarenakan waktu dan alokasi perencanaan strategi yang datang secara tiba-tiba ini mempertimbangkan fungsi waktu secara tepat. *Elite Special Forces Hovercraft* merupakan sebuah solusi yang saling berikatan antara fungsi waktu dengan fungsi kapal itu sendiri. Oleh karena itu, *hovercraft* ini didesain dengan pertimbangan performa kecepatan yang memadai. *Hovercraft* ini mengacu pada *hovercraft* militer tipe *ZUBR-Class Hovercraft* milik Rusia.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah menentukan *payload* dari ESFH?
2. Bagaimanakah menentukan ukuran utama dari ESFH?
3. Bagaimanakah menganalisis teknis dari ESFH?
4. Bagaimanakah mendesain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan 3D dari ESFH?
5. Bagaimanakah hasil dari *prototype* kapal ESFH?
6. Berapakah biaya pembangunan ESFH?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *payload* dari ESFH.
2. Mencari ukuran utama dari ESFH.
3. Menganalisis teknis dari ESFH.
4. Mendesain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan 3D dari ESFH.
5. Membuat *prototype* kapal ESFH.
6. Menghitung biaya pembangunan ESFH.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Desain *Elite Special Forces Hovercraft* disesuaikan karakteristik pada wilayah Papua
2. Pembuatan rencana garis kapal dan permodelan menggunakan *software Fusion 360, Maxsurf,* dan *Autocad*
3. Detail layout sistem propulsi didapat dari *parent ship* atau penelitian yang sudah ada.

4. Hasil pengerjaan dari tugas akhir ini adalah desain Rencana Garis, Rencana Umum, serta desain 3D.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagi akademisi, diharapkan dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.
2. Bagi Praktisi, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai referensi untuk dijadikan kapal militer di kawasan Provinsi Papua dan dapat diterapkan dalam pengembangan dalam dunia maritim Indonesia dimana negara Indonesia yang notabene negara *archipelago*.

1.6. Hipotesis

Hasil penelitian ini akan menghasilkan desain *Elite Special Forces Hovercraft* beserta perhitungan performanya dengan target kecepatan tempuh mencapai 55 knot. Selain itu desain *hovercraft* ini bisa menjadi solusi untuk menjaga sistem keamanan dan pertahanan khususnya pekerja pembangunan, dan warga sekitar pada kawasan Indonesia bagian Timur dari Kelompok Kriminal Bersenjata (KKB). Dan juga akan didapatkan produk *prototype Elite Special Force Hovercraft*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

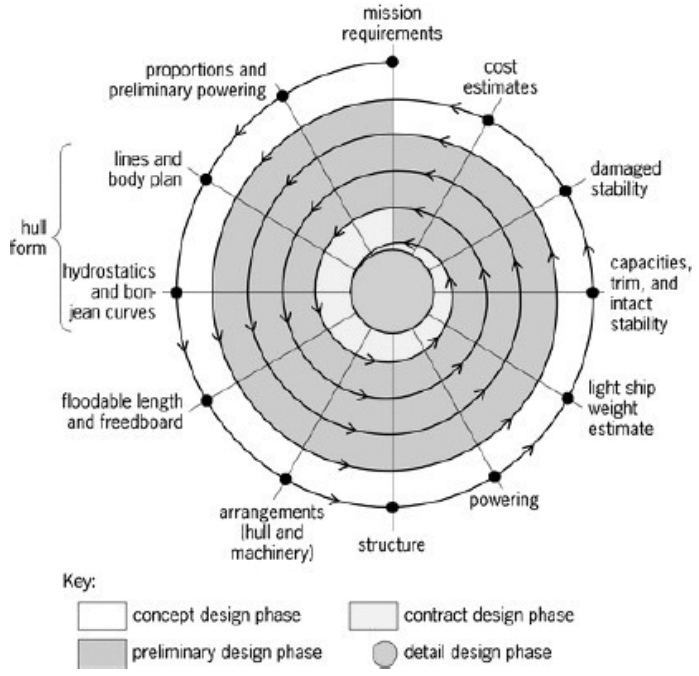
BAB 2
STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

Pada penelitian Tugas Akhir ini dbutuhkan berbagai teori dasar yang berguna untuk menjadi landasan. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari materi perkuliahan, percobaan serta penelitian-penelitian yang sudah dilakukan para ahli sebelumnya. Berikut ini beberapa teori yang digunakan sebagai landasan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

2.1.1. Tahapan Desain Kapal

Konsep desain spiral menitikberatkan pada masalah desain yang saling berinteraksi dan harus dipertimbangkan secara berurutan, dan dalam peningkatan *detail* masing-masing yang kemudian membentuk spiral sampai diperoleh desain tunggal yang memenuhi semua kendala dan semua pertimbangan bisa tercapai. Terdapat empat tahapan dalam *spiral design* ini, yaitu *concept design, preliminary design, contract design,* dan *detail design* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. (Papanikolaou, 2014)



Gambar 2. 1 *Ship Design Spiral*
(Vossen, 2013)

1. Fase *Concept design*

Tahap awal dalam proses desain adalah menerjemahkan *owner requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain. Estimasi awal dari dimensi kapal dasar, seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, koefisien blok, *powering*, dan lai-lain. Pada tahap ini dibuat solusi desain alternatif yang memenuhi persyaratan *owner owner* yang dieksplorasi dengan identifikasi solusi yang paling ekonomis.

2. Fase *Preliminary Design*

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari tahap satu, yang berisi perhitungan teknis yang lebih komplek dari tahap satu. Adapun yang dimaksud komplek adalah pencarian solusi yang optimal dengan melakukan perhitungan maupun desain yang memberikan dampak signifikan pada kapal, seperti halnya perhitungan *trim,* stabilitas, pembuatan *lines plan, general arrangement,* dan lain-lain. Hal ini dilakukan agar kapal memiliki nilai keekonomian yang baik. *Output* pada proses ini adalah terjadi *shipbuilding contract* antara *owner* dengan galangan kapal.

3. Fase *Contract Design*

Tujuan dari tahap ini adalah penyelesaian perhitungan yang diperlukan dan gambar dan spesifikasi teknis bangunan kapal, yang semuanya merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kontrak pembuatan kapal resmi antara pemilik kapal dan galangan kapal yang ditunjuk. Fase desain ini melibatkan uraian terperinci tentang bentuk lambung kapal melalui *lines plan*, penentuan daya untuk mencapai kecepatan yang ditentukan melalui pengujian model dalam *towing tank*, analisis teoritis atau eksperimental perilaku kapal yang dirancang seperti studi *seakeeping*, analisis manuver kapal,penentuan mesin dan propulsi, desain jaringan kelistrikan kapal, perpipaan, dan lain-lain. Estimasi yang dihasilkan untuk masing-masing berat komponen kapal, berat total kapal, dan titik berat lebih akurat.

4. Fase *Detail Design*

Tahap ini merupakan tahap yang terakhir dalam mendesain sebuah kapal. Pada tahap ini dilakukan pekerjaan yang lebih mendetail dari *key plan drawing* menjadi *production drawing* atau gambar produksi yang nantinya akan digunakan sebagai gambar arahan kerja untuk membangun kapal. Tahap ini mencakupi seluruh rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan perlengkapan kapal.

2.1.2. Metode Desain Kapal

Setelah didapatkankan *operational requirement*, langkah selanjutnya yaitu menentukan metode penentuan ukuran utama awal kapal. Terdapat beberapa metode dalam mengestimasi

ukuran utama awal kapal dari satu kapal pembanding (*basic vessel*). Penggunaan satu kapal pembanding dalam menentukan ukuran utama awal kapal karena desain kapal baru dengan desain kapal pembanding memiliki kemiripan, baik dari aspek tipe, ukuran, kecepatan, dan power (tenaga). *Owner/ operational requirement* harus memiliki informasi berupa: tipe kapal, *deadweight* kapal baru, *service speed*, dan rute kapal baru akan dioperasikan. Metode penentuan ukuran utama tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Geosim Procedure*

Geosim Procedure merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding. Penentuan ukuran utama dilakukan berdasarkan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H), dengan CD *(Coefficient Displacement)* dan CB *(Coefficient Block)* yang dihasilkan memiliki nilai yang serupa. (Jiwa dan Kurniawati, 2016)

2. *Trend Curve Approach*

Trend Curve approach atau metode statistik adalah sebuah cara/metode mendesain kapal dengan meregresi beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama. Dengan metode ini, beberapa ukuran utama kapal pembanding dikomparasikan dimana variabel ukuran utama dihubungkan dengan DWT kemudian ditarik suatu rumusan *(trend line)* yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang. (Alfino, 2018)

3. *Optimation Design Approach*

Optimation Design Approach adalah metode yang digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum dengan cara mengoptimisasi ukuran utama awal kapal. Dalam hal ini, desain yang optimum dicari untuk menemukan desain yang akan meminimalkan *economic cost*. (Alfino, 2018)

2.1.3. Gambaran Umum *Hovercraft*

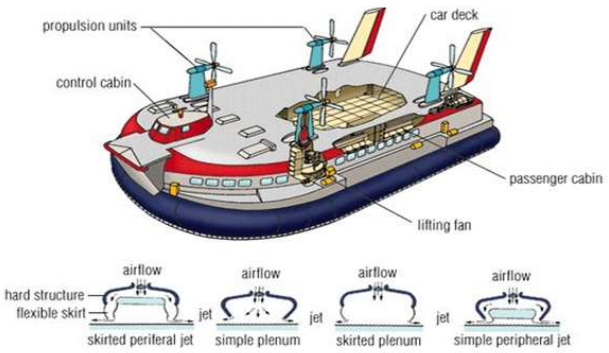
Kapal bantalan udara atau *hovercraft* (bahasa Inggris: kapal melayang) adalah suatu kendaraan yang berjalan di atas bantalan udara (*air cushion*). Bantalan udara tersebut ditimbulkan dengan cara meniupkan udara ke ruang bawah kapal ini (*plenum chamber*) melalui sekat yang lentur (*skirt*) sehingga tekanan udara di dalam *plenum chamber* lebih tinggi daripada tekanan udara luar sehingga timbul gaya angkat.

Prinsip penggunaan bantalan udara ini pertama kali dirancang oleh John Thorneycroft pada tahun 1879. Pada tahun 1953 dikembangkan oleh Christoper Cockerell yang juga dari Inggris.

Ternyata metode baru Cockerell ini dinilai sebagai salah satu percobaan yang berhasil menakjubkan.

Prinsip Cockerell yaitu memerangkap udara ke dalam bantalan yang dipasang sebagai lambung (*hull*) kapal dengan tujuan menghilangkan geseran pada *hull* kapal dari permukaan air yang menurutnya akan memperlambat jalannya kapal seperti pada kapal konvensional. Proses itu tercapai dengan cara meniupkan udara kedalam bantalan yang dipasang pada dasar kapal untuk menimbulkan pendangkalan ke atas dan ke bawah dengan tekanan yang lebih ringan dari atmosfer dan memerangkap udara yang masuk dengan tabir udara yang bertakanan tinggi di sekitar sisi *hull*. Udara yang diperangkap dalam bantalan itu menghasilkan daya angkat sampai tiga kali lebih besar dibandingkan bila memasukkan udara secara langsung ke dalam bantalan. Cockerell menciptakan model *free-flight* dengan menggunakan sistem ini diikuti konstruksi *hovercraft* bersekala penuh.

Pada tahun 1961 diperkenalkan sistem baru yang dikenal sebagai *Flexible Skirt System* yaitu menggunakan material karet sebagai penutup sisi bantalan sekitar *hull* sehingga penutup ini menyerupai rok yang dinamakan *skirt*. Hal itu dilakukan untuk menutup biaya produksi dan fungsi rok ini untuk menggantikan fungsi tabir udara dalam pengisian bantalan. Dengan penggunaan bantalan sebagai dasar kapal berarti resistan air menjadi kecil dan dengan dorongan tenaga propeler kecepatan akan tiga kali lebih besar dibandingkan dengan kapal biasa. Selain itu, bantalan udara yang terbuat dari karet yang kuat memungkinkan kapal jenis ini dapat bergerak di berbagai medan, tidak hanya di air, di rawa-rawa pun bisa.



Gambar 2. 2 Gambaran Umum *Hovercraft*
(sumber: *www.4wings.com*)

2.1.4. Komponen Utama *Hovercraft*

Dalam suatu *hovercraft* terdapat beberapa komponen utama, yaitu:

1. *Hull*

Hull merupakan badan kapal yang dapat dibuat dari aluminium atau serat kaca yang dibuat kedap air. Rongga di dalam lambung ini diisi dengan busa poliuretana yang membuat *hovercraft* tetap mengapung jika terjadi kebocoran pada lambung.

2. *Skirt*

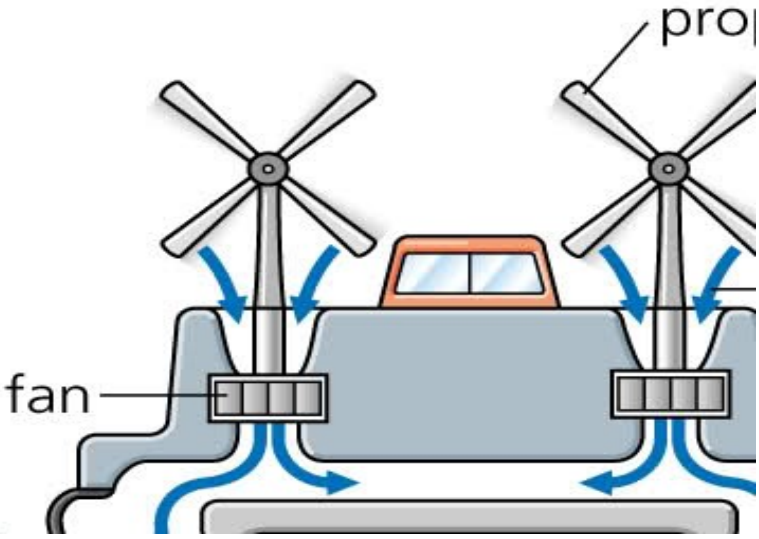
Skirt merupakan bagian *hovercraft* yang berfungsi untuk menahan udara di bawah *hovercraft* agar tidak mudah keluar. *Skirt* terbuat dari tekstil yang dilapisi karet untuk menjaga agar udara tetap berada di dalam ruang di bawah lambung kapal.

3. Motor dan baling-baling

Motor merupakan sumber tenaga yang digunakan untuk menggerakan *hovercraft* dengan cara memutar baling-baling yang akan menghasilkan gaya dorong.

4. *Rudder* dan *Steering Equipment*

Rudder merupakan sirip *hovercraft* yang berfungsi untuk sistem kendali dan manuver. Rudder ini dihubungkan melalui *wire rope* yang terkoneksi ke *hovercraft steer* sehingga *user* dapat mengendalikan daya angin untuk melakukan manuver ke kiri dan kanan.



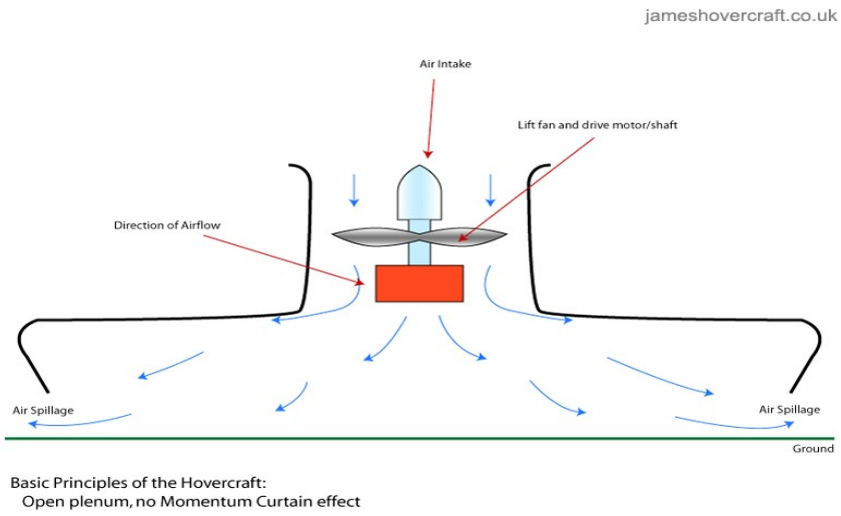
Gambar 2. 3 Konsep Kerja *Hovercraft*
(sumber: *www.4wings.com*)

2.1.5. Jenis-jenis *Hovercraft*

Terdapat beberapa jenis *hovercraft*, antara lain:

1. *Open Plenum*

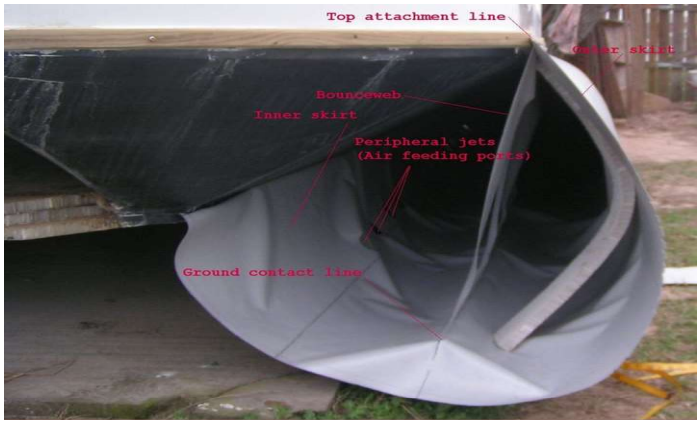
Jenis ini menggunakan konstruksi ruang terbuka dengan sebuah ruang besar yang berisi udara bertekanan tinggi. Konstruksi semacam ini memerlukan tenaga/energi yang besar untuk menjamin adanya tekanan yang cukup tinggi.



Gambar 2. 4 *Open Plenum*
(sumber: *jameshovercraft.co.uk*)

2. *Peripheral Jet*

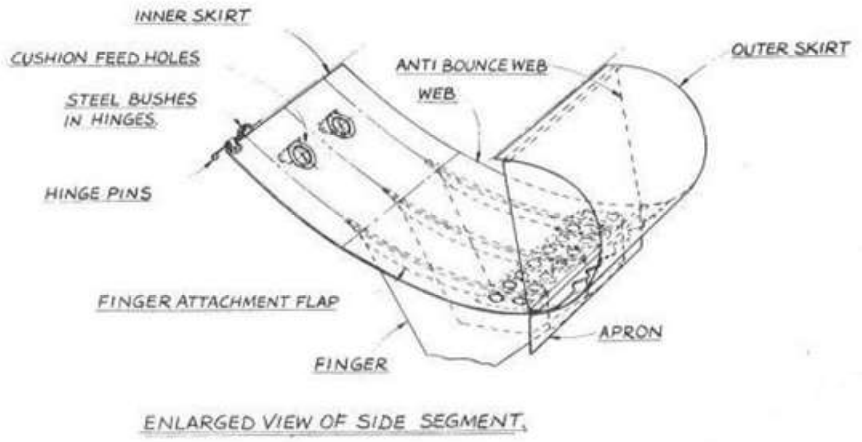
Konstruksi rancangan Sir Christoper Cockerel memakai *jet annular* (cincin), yaitu udara dipompa ke sekeliling sisi kendaraan. Tenaga yang diperlukan lebih sedikit untuk membangkitkan alas bantalan udara secara terus menerus.



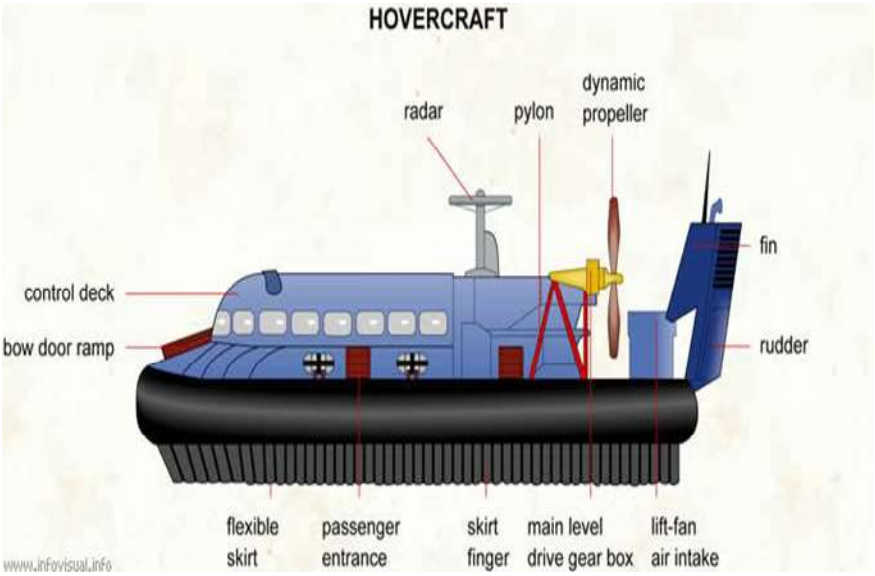
Gambar 2. 5 *Peripheral Jet*
(sumber: *www.4wings.com*)

3. *Flexible Skirt*

Pada konstruksi ini selubung *flexible* pada *jet annular* menyebabkan penambahan ketinggian letak hovercraft sampai 10 kali lipat. Dengan demikian *hovercraft* dapat melintasi medan darat yang permukaannya tidak rata maupun medan pantai yang kurang baik.



Gambar 2. 6 *Flexible Skirt*
(sumber: *jameshovercraft.co.uk*)

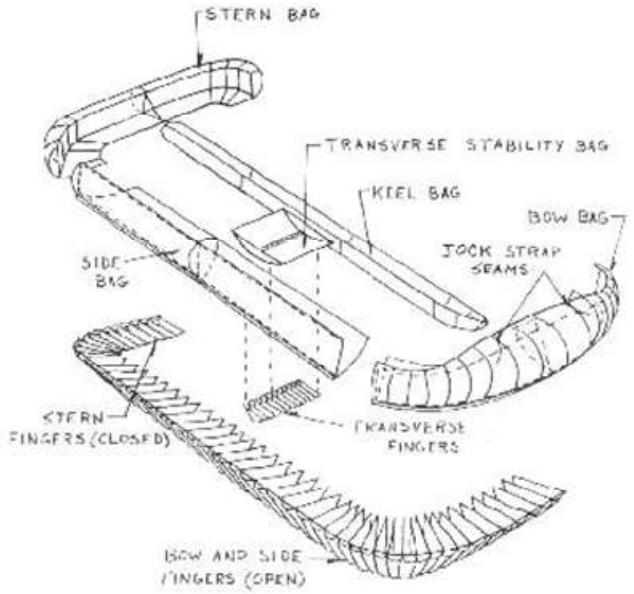


Gambar 2. 7 *Flexible Skirt Hovercraft*
(sumber: *jameshovercraft.co.uk*)

4. *Fixed Wall*

Pada konstruksi ini dikenal dengan *hovercraft* berdinding sisi yang baku atau CAB (*Capture Air Bubble* atau Gelembung Udara yang Diperangkap). *Hovercraft* jenis ini

dilengkapi dengan selubung yang ringkas pada sisi haluan sedangkan dinding sisi dapat menutup rapat bantalan udara pada bagian bawah kendaraan.



Gambar 2. 8 *Fixed Wall*
(sumber: *jameshovercraft.co.uk*)

2.1.6. Dasar Teori *Hovercraft*

Secara teori *hovercraft* tidak terlalu rumit. Prinsip utamanya yaitu tentang prinsip gaya angkat.

Rumus Gaya Angkat :

$F = P \times A$ ……..…(2.1)

Keterangan:

p: Tekanan (N/m^2 atau dn/cm^2)

F: Gaya (N atau dn)

A: Luas alas/penampang (m^2 atau cm^2)

Satuan:

1 Pa = 1 N/m^2

= 10^{-5} bar

= 0,99 x 10^{-5} atm

= 0,752 x 10^{-2} mmHg atau torr

= 0,145 x 10-3 lb/in^2 (psi)

1 torr = 1 mmHg

Rumus di atas merupakan sebuah rumus sederhana untuk menghitung gaya angkat sebuah *hovercraft*. Jadi bila ada sebuah *hovercraft* yang mempunyai luas area angkat A dan berat total *hovercraft* ditambah muatan totalnya W, diperlukan tekanan udara dibawah *hovercraft* sebesar P = W/F. Untuk menghasilkan tekanan sebesar P ini sebuah *hovercraft* memanfaatkan baling-baling sehingga dihasilkan aliran udara yang akan terjebak di bawah permukaan *hovercraft*. Aliran udara yang terjebak ini akan menghasilkan peningkatan tekanan udara, kurang lebih sama halnya bila kita meniup sebuah balon, udara yang terjebak di dalam balon tekanan udarannya juga meningkat untuk mengembungkan balon itu. Bedanya aliran udara yang terjebak di bawah *hovercraft* akan meningkat tekanannya. Bila tekanan telah melampaui P maka *hovercraft* akan terangkat sedikit dan udara yang terjebak akan keluar dari bawah permukaan *hovercraft*, dan begitu seterusnya sehingga *hovercraft* terangkat dari permukaan tanah atau air.

2.1.7. *Hull* dan *Skirt Hovercraft*

1. Lambung (*Hull*)

Lambung sebagai konstruksi yang berada di bagian bawah maka harus memilki alas, panel samping, panel depan, dan panel belakang sampai ujung *skirt* bagian atas. Lambung bawah harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Harus memiliki ukuran yang memadai untuk berat total dan daya muat (*payload*)
2. Harus cukup kuat untuk mendukung bantalan udara bagian bawah
3. Memiliki *freeboard* yang cukup untuk mendukung perpindahan di atas air
4. Harus kedap air dan sehalus mungkin

Sebelum memulai perancangan sebuah *hovercraft*, terlebih dahulu harus mengetahui perkiraan berat *hovercraft* serta *payload* untuk mendapatkan ukuran sebenarnya. Bentuk *hovercraft* ada yang bulat, persegi panjang sampai bentuk segitiga. Tekanan layang pada *hovercraft* tersebut sekitar 0,1 Pound/In^2 .

Tabel Berikut akan memberi gambaran tentang hubungan antara lebar dan panjang dengan kemampuan angkat (*lifting capability*) dalam satuan 0,1 lb/In^2 .

Tabel 2. 1 Hubungan antara Lebar dan Panjang dengan Kemampuan Angkat (*Lifting Capability*) pada *Hovercraft* Persegi yang diukur dari GCL (*Ground Contact Line*) (sumber: *4wings.com*)

W / L (Ft)	Lift (Lb)
3 x 5	216
3 x 6	260
4 x 6	346
4 x 7	403
4 x 8	461
5 x 7	504
5 x 8	576
5 x 9	648
6 x 10	864
6 x 11	950
6 x 12	1036
7 x 12	1210
7 x 13	1310
7 x 14	1411
8 x 14	1613
8 x 15	1728
8 x 16	1843
8 x 17	1958
8 x 18	2072

(W Ft x L Ft x 144 x 0,1). Angka-angka di atas akan membantu untuk mendapatkan ukuran yang dibutuhkan berdasarkan *payload* yang telah ditentukan.

2. *Skirt*

Semua *hovercraft* yang modern baik yang besar maupun yang kecil menggunakan *skirt* atau sejenisnya untuk sistem penyangganya. Sebuah *skirt hovercraft* diperlukan untuk memenuhi fungsi berikut :

- Memilki bantalan udara yang berada di bawah *hovercraft* sebagai pengangkat *hovercraft*
- Memiliki kemampuan untuk menyesuaikan kontur dan efisien terhadap rintangan sehingga ketinggian minimum bantalan udara tetap terjaga
- Kembali ke bentuk aslinya setelah tidak mengembung lagi
- Memberikan stabilitas yang memadai
- Memberikan ketahanan terhadap hambatan pada bagian bawah
- Memiliki kemampuan untuk menyerap sebagian besar energi yang disebabkan oleh adanya tubrukan terhadap rintangan yang besar

Sebuah *skirt hovercraft* harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Perawatannya mudah tanpa perlu mengangkat *hovercraft* ke atas

- Memiliki masa operasi yang panjang
- Mudah dalam pembuatan dan pemasanganya
- Biaya perawatannya rendah
- Menyesuaikan ketinggian permukaan tanah di sepanjang jalan yang dilewati *hovercraft* itu

Untuk desain penampang, tinggi pertama harus dibentuk dan harus 1/8 lebar *hovercraft*. Penampang ini terdiri dari dua jari-jari, yaitu bagian luar dan bagian dalam sudut melengkung. Untuk mempermudah dapat diasumsikan bahwa titik kontak dengan tanah di ujung luar lambung sehingga jari-jari luar sama dengan setengah jarak antara tanah dan titik pemasangan bagian atas.

Titik kontak dengan tanah sebenarnya bisa diposisikan menyebar dari lambung tepi luar, tetapi demi stabilitas maka titik itu harus berada di luar. Untuk desain penampang, membuat gambar skala lambung *hovercraft* yang lebih rendah pada ketinggian melayang yang tepat dan setengah lingkaran berada di luar.

Jari-jari lingkaran dalam adalah jari-jari luar yang dihitung dengan cara mengalikan radius bagian luar dengan faktor yang diberikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 2 Perbandingan Tekanan Diferensial dan Faktornya
(sumber: *4wings.com*)

Pressure Differential *Bag Pressure/Cushion Pressure*	*Factor* *Inner Radius/Outer Radius*
1.2 : 1	6.00
1.3 : 1	4.53
1.4 : 1	3.50
1.5 : 1	3.00
1.6 : 1	2.66
1.7 : 1	2.43
1.8 : 1	2.25

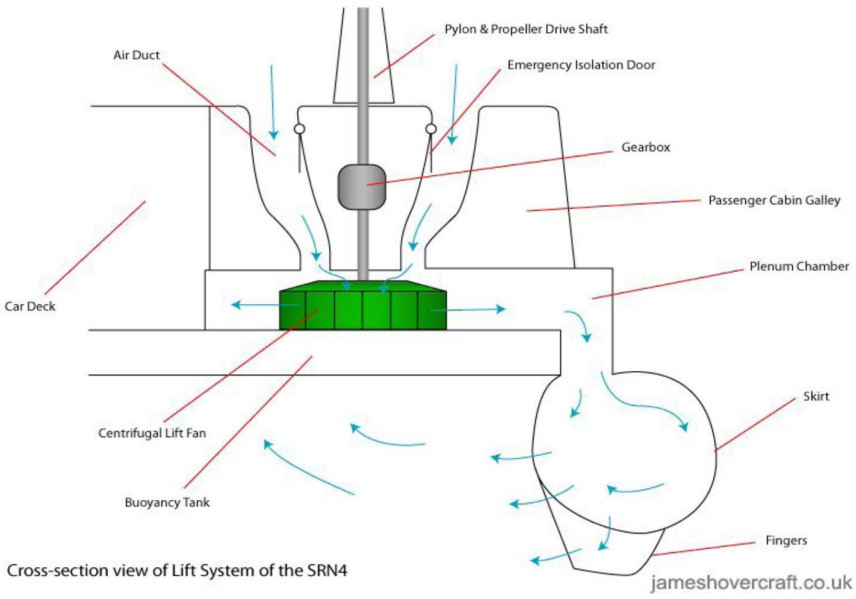
Skirt membutuhkan sejumlah lubang untuk mentransfer udara dari *skirt* ke bantalan udara. Lubang ini ukurannya bervariasi tetapi diameter umumnya 3-6 inci.

2.1.8. Sistem Penggerak *Hovercraft*

Desain *hovercraft* berdasarkan dua faktor penentu. Pertama masalah daya yang diperlukan untuk mengangkat dan mendaratkan badan kapal. Kedua masalah daya dorong untuk mengatasi gelombang laut. Ketika *hovercraft* bergerak pelan, bantalan udara mencerai-beraikan air dan menghasilkan gelombang haluan. Dengan demikian *hovercraft* harus mampu atau mempunyai mengatasi gelombang haluan dalam laut yang bergelombang sehingga diperluakan 2 sistem dalam hovercraft, yaitu sistem pengangkat (*lift system*) dan sistem pendorong (*thruster system*).

1. *Lifter System*

   Secara garis besar, operasional *hovercraft* menggunakan pasokan udara dengan tekanan tinggi, yakni penghimpunan udara luar yang kemudian ditekan ke dalam suatu ruangan penampung udara (*plenum chamber*) yang dikelilingi oleh *skirt*. Dari proses inilah kemudian pasokan udara membentuk ”bantalan udara”. Bantalan udara ini disebut bantalan udara statis (*static air cushion*). Prosesnya, udara dipasok terus-menerus sehingga tekanan udara yang ada di dalam ruangan *plenum* lebih tinggi dan meningkat daripada tekanan udara di luar. Jadi, dengan sendirinya udara akan keluar melalui celah di bawah *skirt* yang kemudian akan menimbulkan gaya angkat pada *hovercraft* sehingga *hovercraft* akan terangkat dan melayang (*hover*) dari permukaan air atau tanah. Namun tidak terbang layaknya sebuah pesawat.



Gambar 2. 9 *Lift System Diagram*
(sumber: Hendra dan Agoes, 2011)

Untuk melakukan tahap *hovering* atau penggelembungan *skirt* dari posisi *skirt* kosong (*off hover*) sampai mencapai posisi mengembang penuh (*full hover*) dan tahap *flying* atau proses dimana *hovercraft* terangkat secara keseluruhan di atas permukaan landasan setelah *skirt* berada pada posisi *hover*, maka ada beberapa hal yang sangat berhubungan dengan perancangan tahap *flying* dari *hovercraft*, yaitu sebagai berikut.

a. Daya Untuk Sistem Lifter (Nı)

Daya yang diperlukan untuk mengangkat *hovercraft* merupakan hasil kali tekanan *hover* dengan debit udara yang bekerja dibawah *hovercraft*. Berdasarkan L.Yun dan A.Bliault secara teoritis untuk menentukan daya pada sistem lifter menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_ı = (H \times Q) / (\eta f \times \eta t) \quad \ldots\ldots\ldots\

Keterangan:

Q' : koefisien aliran udara angkat hovercraft berdasarkan statistical method nilainya 0.015 – 0.030

W : berat total hovercraft (N)

S : cushion pressure (m^2)

p_c : tekanan oleh berat total hovercraft terhadap luasan bantalan tekan (N/m^2)

ρa = 1,2257 kg/m^3

Debit (Q) merupakan beban aliran yang harus dikeluarkan oleh baling-baling (*fan*) yang digunakan untuk sistem lifter.

c. Tekanan Total *Fan* (H)

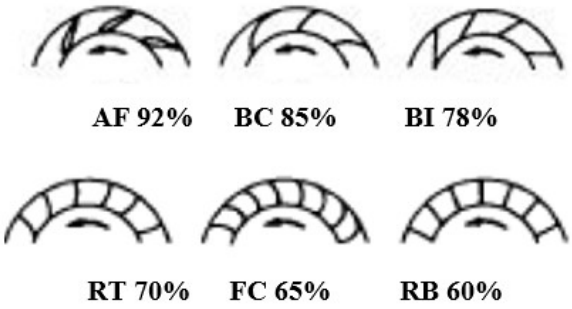
Berdasarkan L.Yun dan A.Bliault, untuk menentukan nilai tekanan total *fan* (H) maka terlebih dahulu harus dipilih jenis (*fan*) yang akan digunakan. Dalam pemilihan *fan* tentunya harus mempertimbangkan banyak hal, antara lain tekanan udara yang dihasilkan *fan* harus mencukupi kebutuhan tekanan udara yang dibutuhkan untuk sistem *lifter hovercraft*, karakteristik dari *fan*, dan keuntungan-keuntungan lain sehingga dapat memaksimalkan kinerja dari sistem lifter. Tekanan total dari *fan* adalah jumlah tekanan total yang dihasilkan oleh *fan* untuk menghasilkan gaya angkat, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$H = H' \times \rho a \times \mu_2^2 \quad \ldots\ldots\ldots\

cukup berarti pada fluida. Rasio tekanan fluida pada daerah keluaran (*outlet*) dan daerah masukan (*inlet*) pada *fan axial* umumnya sekitar 1,15 meskipun untuk *blower* (*fan* sentrifugal) rasio ini lebih tinggi. Selain tekanan fluida kerja, karakteristik performa dari *fan* juga ditentukan oleh kapasitas, *head* dan tekanan yang dihasilkan serta energi yang terlibat di dalam aliran fluida. Kapasitas udara yang mampu dipindahkan oleh *fan* sangat ditentukan oleh tipe *fan*, kecepatan putaran dan sistem penyaluran yang digunakan bersama *fan* itu sendiri.

Fan Sentrifugal adalah *fan* yang mengalirkan udara dan daerah masukan (*inlet*) menuju daerah keluaran (*outlet*) dengan arah radial karena gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh putaran *impeller*. Selanjutnya udara yang secara radial terlempar keluar *impeller* dengan kecepatan dan tekanan tinggi kemudian masuk ke dalam *casing fan* yang berbentuk *spiral*. Bentuk *spiral* dan *casing fan* berfungsi sebagai pengarah udara menuju bagian *exit* dan *fan*. Dari bentuk spiral ini kemudian *casing fan* sentrifugal disebut juga dengan *scroll* atau *volute*.

Berdasarkan daun *impeller*-nya *Fan* Sentrifugal dibedakan menjadi 6 kategori, antara lain: AF (*airfoil*), BC (*backward-curved*), BI (*backward-inclined*), RT (*radial-tip*), FC (*forward-curved*), dan RB (*radial blade*).



Gambar 2. 10 Efisiensi Daun *Impeller*
(sumber: Hendra dan Agoes, 2011)

3. *Thruster System*

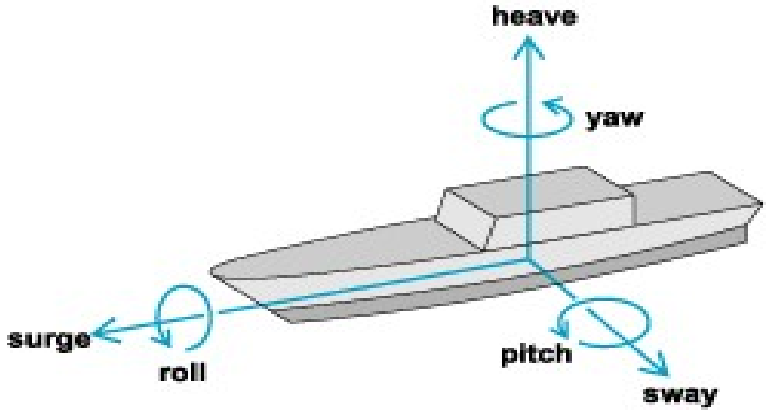
Untuk *hovercraft* amfibi alat propulsi yang biasa digunakan adalah *air propeller* atau *jet propulsion*, sedangkan untuk *hovercraft* non-amfibi biasanya digunakan *marine propeller* seperti yang digunakan pada kapal konvensional. Pada hovercraft-hovercraft amfibi ukuran besar banyak menggunakan sistem *air jet propulsion*. Hal ini disebabkan karena penggunaan sistem tersebut lebih effisien untuk kebutuhan daya propulsi yang

besar dan lebih tidak bising dibandingkan dengan *air propeller*. Sampai saat ini kebanyakan *hovercraft* amfibi menggunakan alat propulsi *air propeller* seperti pada pesawat terbang meskipun sebenarnya harga produksinya cukup mahal dan desainnya sulit. Sebuah *hovercraft* yang berjalan dengan kecepatan (v) pada permukaan air akan menimbulkan gaya yang berlawanan arah berupa tahanan (R) yang menghambat laju dari *hovercraft*.

2.1.9. Olah Gerak dan Stabilitas *Hovercraft*

Stabilitas statis adalah kecendungan *hovercraft* untuk melawan gangguan yang ditimbulkan oleh air dan udara. Kriteria stabilitas diperlukan untuk memenuhi unsur dari muatan yang diangkut dengan cara keseimbangan *hovercraft* tersebut. Stabilitas statis *Hovercraft* mempunyai beberapa kesamaan dengan pesawat terbang karena *hovercraft* mempunyai modus operasi gerak yang mirip dengan pesawat terbang. Adapun gerak yang terjadi pada *hovercraft* yaitu gerak translasi dan rotasi.

Gerak translasi adalah gerak maju *hovercraft* pada sumbu-sumbu, sedangkan gerak rotasi adalah gerak geleng *hovercraft* pada sumbu-sumbu. Selain gerak rotasi dan gerak translasi *hovercraft* juga melakukan gerak *rolling* (berputar pada sumbu-sumbu X) dan gerak *pitching* (mengangguk pada sumbu-sumbu Y).



Gambar 2. 11 Olah Gerak *Hovercraft*
(sumber: Hendra dan Agoes, 2011)

2.2. Tinjauan Pustaka

Adapun tinjauan pustaka yang mengacu pada dasar teori sesuai dengan literatur yang telah ditinjau meliputi.

2.2.1. *Hovercraft*

Gambar 2. 12 *Military Hovercraft*
(Sumber: https://www.balitribune.co.id/)

Kapal bantalan udara (*hovercraft*) atau kapal melayang adalah suatu kendaraan yang berjalan di atas bantalan udara (*air cushion*). Bantalan udara tersebut ditimbulkan dengan cara meniupkan udara ke ruang bawah kapal ini (*plenum chamber*) melalui *skirt* (sekat yang lentur) sehingga tekanan udara di dalam *plenum chamber* lebih tinggi daripada tekanan udara luar sehingga timbul gaya angkat (Rizky, 2016).

Untuk menggerakkan kapal bantalan udara, digunakan gaya dorong yang diperoleh dari baling-baling seperti pada pesawat udara. Gaya angkat kapal ini bekerja pada penampang yang luas, sehingga tekanan terhadap tanah atau air (*ground pressure*) yang ditimbulkan tidak besar. Dengan demikian, kendaraan ini dapat berjalan di atas lumpur, air maupun daratan dengan membawa beban yang cukup berat. Karena tidak adanya kontak langsung antara *hovercraft* dan permukaan daratan atau air, maka hambatan yang terjadi kecil sehingga *hovercraft* dapat melaju dengan kecepatan tinggi (Junaedi, 2006)

2.2.2. *ZUBR-Class Hovercraft*

Pengembangan kapal Zubr dimulai pada 1978, dengan perusahaan pembuatan kapal Feodosia. Pengembangan kapal ini untuk menghentikan dan mengatasi unit-unit serangan amfibi (seperti marinir dan tank) serta ranjau-ranjau angkatan laut. Kapal keluaran pertama tergabung

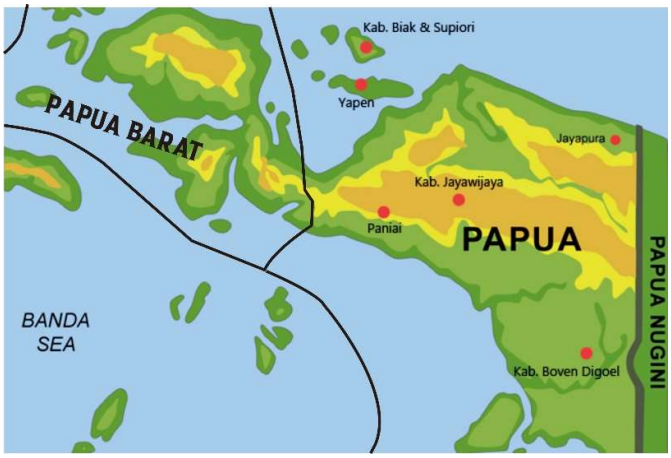
dengan Angkatan Laut Rusia pada 1988. Ada sembilan kapal kelas ini dalam dinas aktif di seluruh dunia yang digunakan oleh Rusia, Ukraina dan Yunani. Kemudian, China juga menginginkan produk kapal ini untuk melengkapi angkatan lautnya. Empat kapal dipesan China pada 2012. Sampai saat ini, ada sekitar 10 Zubr Class yang digunakan dalam dinas militer Rusia, Ukraina, Yunani, dan China.

Gambar 2. 13 *ZUBR-Class Hovercraft* Russia (Enrico Brunoni, 2017)

Strukturnya memiliki daya tahan yang kuat yang mampu mengangkut kendaraan lapis baja. Dalamnya tersedia sistem ventilasi, AC dan pemanas dipasang di sekat/pintu kedap air pada ruang pasukan dan di ruang tinggal awak. Kapal memiliki panjang 57 meter dengan berat kosong 340 ton. Kendaraan ini juga dilengkapi dengan lapisan besi ringan untuk memberikan tingkat perlindungan bagi awak dan pasukan melawan amunisi ledakan, serta efek senjata pemusnah massal. Bagi awak dan personel juga disediakan masker gas individu dan perlengkapan perlindungan. Tak hanya itu saja, Kapal ini juga mempunyai sistem aktif untuk mengimbangi medan magnet yang dihasilkan oleh kapal dan material yang diangkut, sehingga kapal masih bisa tetap stabil walau menampung banyak amunisi. Zubr memiliki jelajah jangkauan mencapai 483 kilometer dengan kecepatan maksimalnya 102 kilometer per jam. Kapal ini dapat membawa hingga 130 ton kargo, tiga tank tempur menengah seperti tank T-80B, atau delapan kendaraan tempur infanteri BMP-2, atau sepuluh kendaraan pengangkut lapis baja BTR-70, atau 360 pasukan pendaratan amfibi yang lengkap. Sedangkan kecepatan maksimal ketika dalam kondisi kosong adalah 111 kilometer per jam dan mampu membersihkan halang rintang setinggi 1,5 meter baik di darat atau laut.

2.2.3. Provinsi Papua

Papua adalah provinsi terluas Indonesia yang terletak di bagian tengah Pulau Papua atau bagian paling timur wilayah Papua milik Indonesia. Belahan timurnya merupakan negara Papua Nugini. Provinsi Papua sebelumnya bernama Irian Jaya yang mencakup seluruh wilayah Papua Bagian barat. Sejak tahun 2003, dibagi menjadi dua provinsi dengan bagian timur tetap memakai nama Papua sedangkan bagian baratnya memakai nama Papua Barat. Papua memiliki luas 808.105 km persegi dan merupakan pulau terbesar kedua di dunia dan terbesar pertama di Indonesia.



Gambar 2. 14 Provinsi Papua dan Papua Barat (google image)

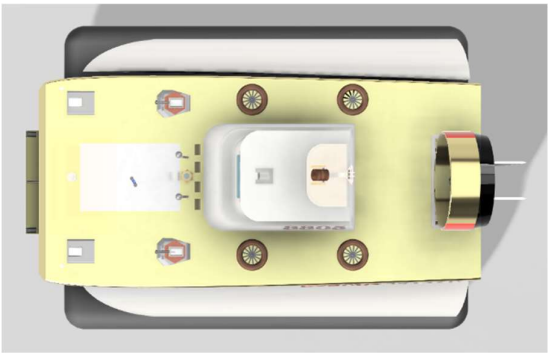
Papua memiliki luas area sekitar 421.981 kilometer persegi dengan jumlah populasi penduduk hanya sekitar 2,3 juta dengan pengembangan dari sektor perhubungan laut dengan membangun sejumlah pelabuhan yaitu Pelabuhan Depapre, Pelabuhan Nabire, Pelabuhan Pomako, Pelabuhan Moor, dan Pelabuhan Serui untuk Provinsi Papua serta Pelabuhan Kaimana di Provinsi Papua Barat. Lebih dari 71% wilayah Papua merupakan hamparan hutan hujan tropis yang sulit ditembus karena terdiri atas lembah-lembah yang curam dan pegunungan tinggi, dan sebagian dari pegunungan tersebut diliputi oleh salju. Perbatasan antara Indonesia dengan Papua Nugini ditandai dengan 141 garis Bujur Timur yang memotong pulau Papua dari utara ke selatan.Pulau Papua berada di ujung timur dari wilayah Indonesia, dengan potensi sumber daya alam yang bernilai ekonomis dan strategis, dan telah mendorong bangsa-bangsa asing untuk menguasai Pulau Papua. Saat ini pemerintah menetapkan lima fokus dalam pembangunan Papua, yaitu infrastruktur, sumber daya manusia, pendidikan, kesehatan, dan pelayanan masyarakat. Terkait perkembangan pemekaran wilayah Papua, Mahfud menjelaskan rencana tersebut dalam proses inventarisasi.

Kesenjangan pembangunan antar wilayah memang selalu menjadi masalah yang selalu mengemuka, karena memang permasalahan pembangunan antar wilayah yang kurang merata antara wilayah barat Indonesia dan indonesia timur, seakan tak pernah ada penyelesaian, terutama pada wilayah Kabupaten Nduga. (Huda, 2017). Ribuan warga sipil mengungsi setelah terjadinya pembunuhan puluhan karyawan PT. Istaka Karya di Gunung Kabo. Setelah peristiwa pembantaian ini, pemerintah menambah pasukan militer di Kabupaten Nduga untuk mengejar kelompok OPM pimpinan Eginaus Kogeya. Di tengah operasi militer inilah ribuan warga sipil mengungsi. Direktur Eksekutif Yayasan Keadilan dan Keutuhan Manusia Papua, Theo Hasegem mendorong pemerintah untuk menjadikan apa yang terjadi di Nduga sebagai bencana nasional.

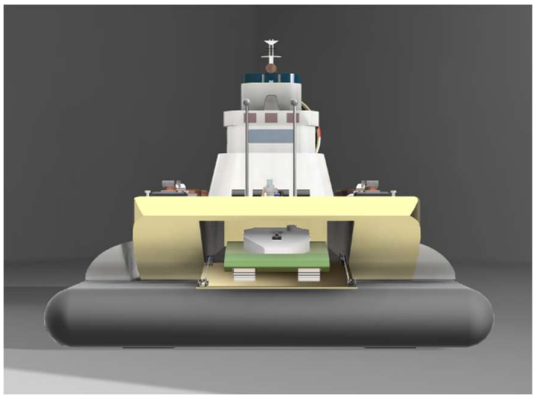
Hingga saat ini, dominasi pulau jawa dalam perekonomian Indonesia masih berada diangka 57 persen, dan disusul pulau sumatera dengan dominasi ekonomi 23 persen dari PDB nasional. Itu berarti 80 persen perekonomian terpusat di jawa dan sumatera. Selebihnya 20 persen adalah perekonomian milik sulawesi, kalimantan, papua dan indonesia timur.Dengan terpusatnya perekonomian kita, memang selalu menjadi masalah adanya diintegrasi bangsa. Papua adalah wilayah yang menuntut keadilan sosial, karena sila ke-5 kita seharusnya diaplikasikan dalam kehidupan kita. Yaitu "keadilan sosial bagi seluruh rakyat Indonesia".

2.2.4. Layout Awal

Gambar 2. 15 *Side View Elite Special Forces Hovercraft*



Gambar 2. 16 *Top View Elite Special Forces Hovercraft*



Gambar 2. 17 *Front View Elite Special Forces Hovercraft*

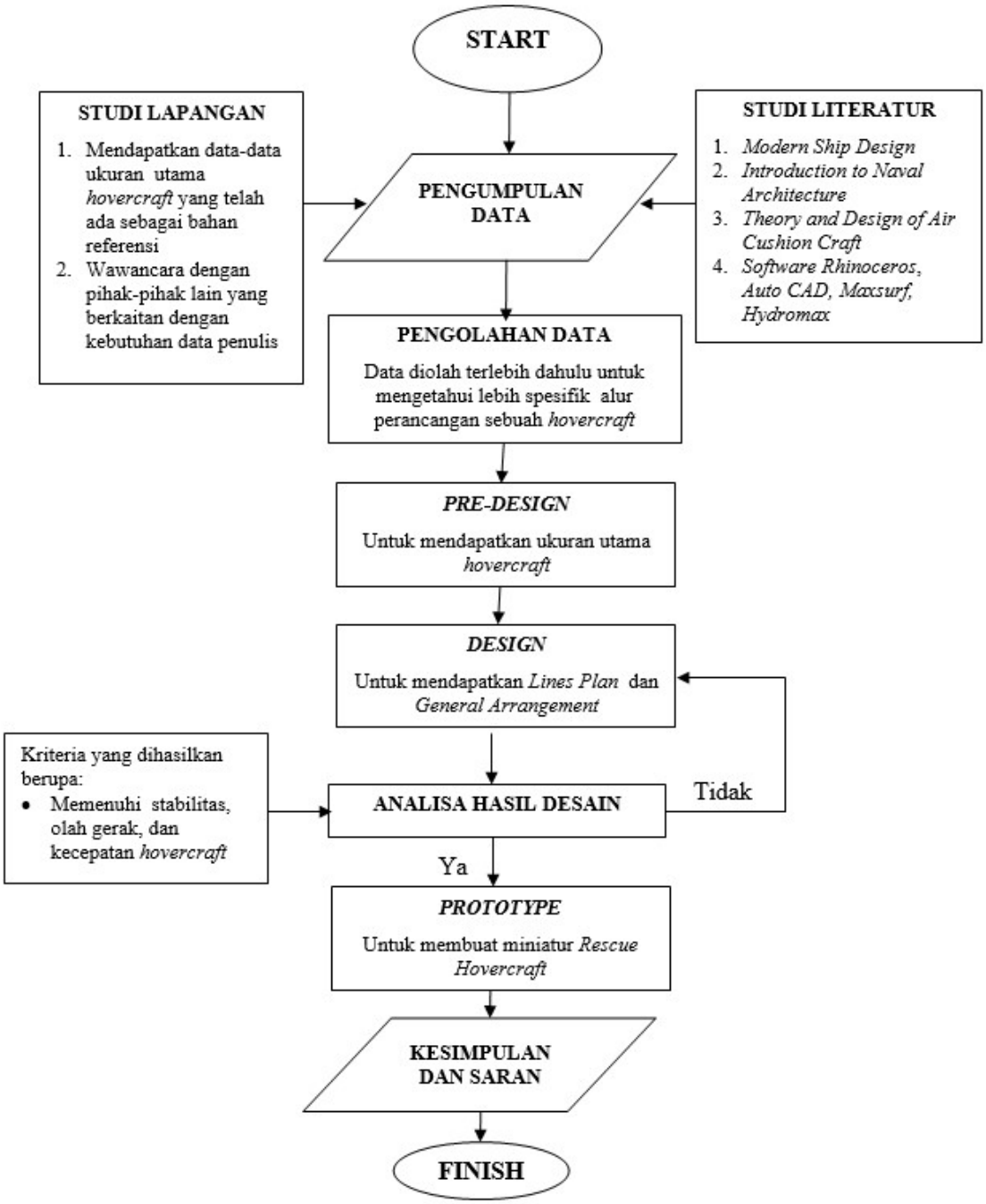
Elite Special Forces Hovercraft ini memiliki ukuran utama Panjang lambung (Loa): 57,52 m; Lebar lambung (B): 25,229 m; Tinggi lambung (H): 3,22 m; Sarat lambung (T): 1,61m; Kecepatan (Vs): 40 knots; DWT : 540 ton.

Halaman ini sengaja dikonsongkan

BAB 3
METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

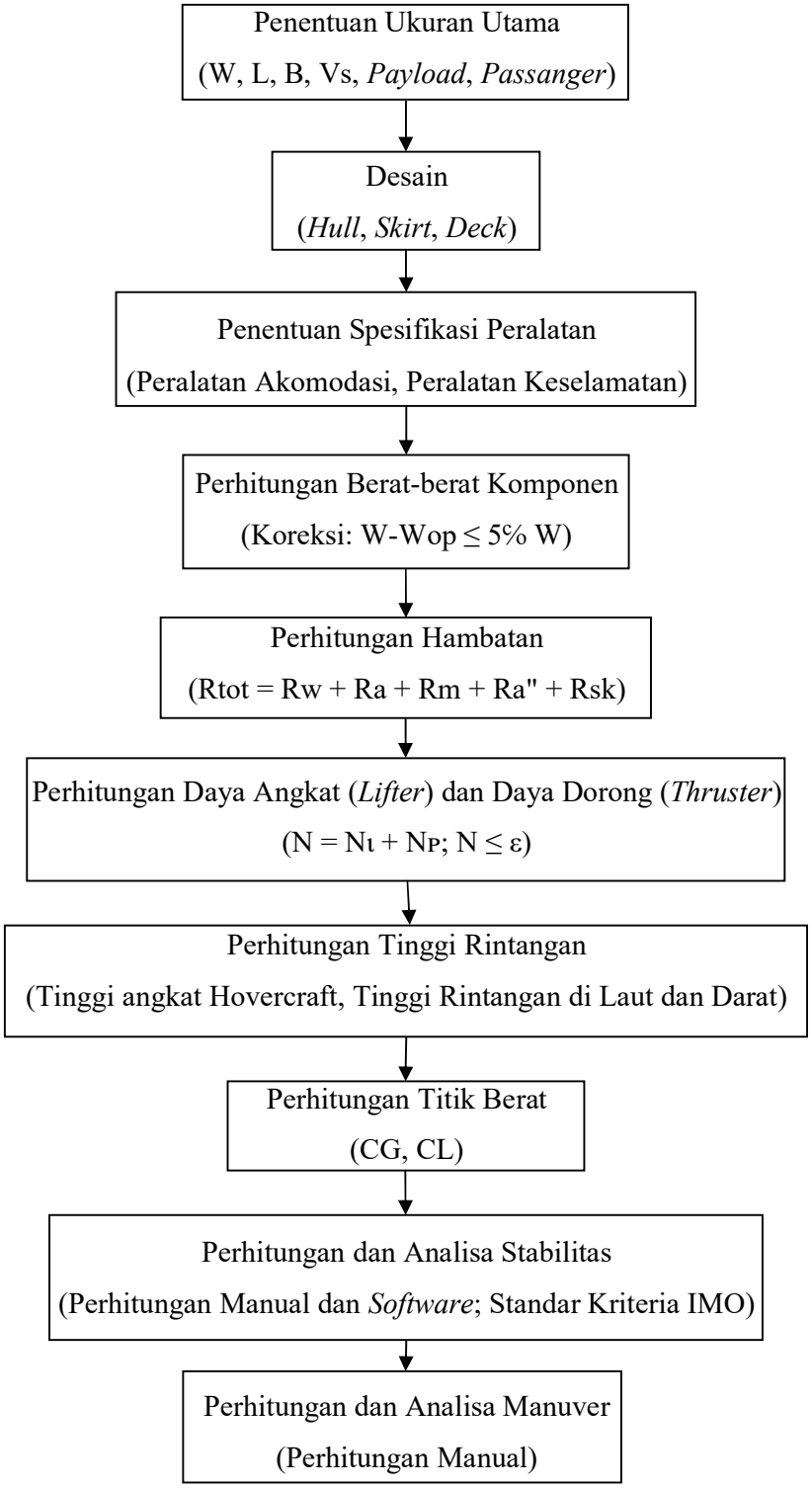
Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Diagram Alir (*Flow Chart*) Perancangan dan Analisa *Hovercraft*

Berikut adalah diagram alir perancangan *hovercraft* :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Tugas Akhir

3.3. Tahap Pengerjaan

Secara garis besar Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

3.3.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Kebutuhan *payload* akan kapal *Elite Special Forces Hovercraft* di wilayah Provinsi Papua.
2. Jenis sistem *Skirt* pada kapal *Elite Special Forces Hovercraft* yang dibutuhkan untuk operasional patroli di wilayah Provinsi Papua.

3.3.2. Tahap Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi berupa dasar teori dan tinjauan pustaka terkait dengan konsep desain *spiral*, metode desain kapal, gambaran umum *hovercraft*, komponen utama *hovercraft*, jenis-jenis *hovercraft*, dasar teori *hovercraft*, *hull* dan *skirt hovercraft,* sistem penggerak *hovercraft*, olah gerak dan stabilitas *hovercraft*, ZUBR-*Class Hovercraft*, Provinsi Papua.

3.3.3. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam menentukan ukuran utama kapal, khususnya untuk jumlah *payload* pada ruang muat kapal yang akan didesain. Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diperoleh langsung dari dengan melakukan wawancara ke KOARMATIM TNI-AL.

3.3.4. Tahap Pengolahan Data

Metode pengumpulan data yang telah didapat, maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai *input* dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal sebagai berikut.

1. *Operational Requirement*
2. Ukuran Utama Kapal Awal
3. Perencanaan Desain meliputi *Hull, Skirt, Deck*
4. Penentuan Spesifikasi Peralatan
5. Menghitung Berat Komponen dan Koreksi Berat
6. Menghitung Hambatan
7. Menghitung Daya Angkat (*Lifter*) dan Daya Dorong (*Thruster*)
8. Menghitung Tinggi Rintangan
9. Menghitung Titik Berat (CG,CL)

10. Menghitung dan Menganalisa Stabilitas
11. Menghitung dan Menganalisa Manuver

3.3.5. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 3 sebagai berikut.

1. Desain Rencana Garis

   Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software.* Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis.

2. Desain Rencana Umum

   Dari rencana garis yang telah didesain, dibuatlah rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Di dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, peralatan, perlengkapan, muatan, dan hal lainnya.

3. Pemodelan 3D

   Dari rencana garis dan rencana umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah permodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software*.

3.3.6. Tahap Perhitungan Biaya

Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal ini dimaksudkan untuk mengetahui estimasi biaya pembangunan kapal. Perhitungan estimasi biaya dilakukan dengan cara menghitung biaya material kapal, permesinan, komponen *outfitting* berdasarkan harga di pasaran, dan koreksi ekonomi.

3.3.7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

BAB 4
PERHITUNGAN DAN ANALISIS DATA

Perencanaan kapal mengalami peningkatan yang signifikan. Akan tetapi, olengan yang disebabkan oleh gelombang laut masih menjadi masalah bagi kru, penumpang dan kapal itu sendiri karena percepatan vertikal yang tinggi. Ada 2 konsep kapal yang dapat menjadi solusi untuk menghindari olengan. Konsep pertama yaitu dengan cara mengisolasi lambung dari kontak dengan permukaan air, contohnya *Hydrofoils*, *Air Lubricated Craft*, *Amphibious Hovercraft* (ACV), *Surface Effect Ships* (SES), dan *Wing in Ground* (WIG), sedangkan konsep kedua yaitu dengan cara menenggelamkan lambung sedalam mungkin untuk mengurangi kontak dengan gelombang pada permukaan air, contohnya *Small Waterplane Thin Hull Vessel* (SWATH) dan Katamaran.

ACV dan SES dikembangkan dari ide untuk merancang kendaraan yang didukung oleh udara bertekanan. Hal ini berarti strukturnya cukup jauh dari permukaan air untuk mengurangi gangguan permukaan, hambatan udara dan gelombang laut. Sistem kerjanya yaitu menghasilkan tekanan yang lebih besar daripada peningkatan tekanan di bawah kendaraan sehingga badan kendaraan terangkat jauh dari permukaan.

Amphibious hovercraft (ACV) didukung sepenuhnya oleh bantalan udara, dengan tirai udara (jet bertekanan tinggi) atau sistem rok fleksibel (*flexible skirt*) di sekitar pinggirnya untuk menutup bantal udara. ACV memiliki rancangan dangkal (draft negatif pada struktur lambung) dan karakteristik amfibi. ACV terbagi menjadi ACV Pasif (ditarik oleh peralatan lain) dan ACV Aktif (didorong oleh baling-baling udara atau kipas). (L. Yun dan A.Bliault, 2000)

Kajian dalam bab ini menjelaskan mengenai perhitungan untuk menentukan ukuran *amphibious hovercraft* (ACV) yang optimal sehingga mendapatkan gambar pra-perancangan berupa rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement*), serta analisa dari hasil pra-perancangan tersebut berupa data stabilitas dan manuver *hovercraft*. Pemodelan *hovercraft* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD* dan *Rhinoceros,* sedangkan hasil pemodelan tersebut dikaji dengan bantuan *software Maxsurf Stability.*

4.1. Pra Perancangan

Penentuan ukuran utama pada tahap awal dan parameter desain merupakan inti dari desain *hovercraft* secara keseluruhan. Desain *hovercraft* mirip dengan kapal konvensional, seperti proses

pendekatan progresif, yaitu urutan desain konsep awal, desain awal, detail desain dan persiapan produksi.

Persyaratan desain tergantung pada fungsi *hovercaft* itu, misalnya untuk militer, komersial, fungsi khusus, atau rekreasi. Parameter pengendali juga akan berbeda-beda sesuai dengan persyaratan stabilitas, ketahanan, kinerja pada cuaca buruk, kelayakan laut, manuver, pemilihan mesin dan penentuan ukuran utama. (L. Yun dan A.Bliault, 2000)

Seperti halnya dalam merancang kapal, dalam merancang *hovercraft* pun terdapat tahap *basic design*. *Basic design* merupakan karekteristik utama *hovercraft*, yaitu pemilihan ukuran utama, bentuk *hovercraft*, *power* (besar dan tipe), permesinan, dan struktur utama. Pemilihan yang baik akan memberikan jaminan kinerja yang baik, kecepatan yang diinginkan, *endurance*, daya muat, dan bobot mati.

4.2. Persyaratan

Desain awal *hovercraft* membutuhkan tiga persyaratan sebagai bahan masukan, yaitu (L. Yun dan A.Bliault, 2000) :

1. Kebutuhan pengguna, seperti kecepatan, daya muat, jarak tempuh, nilai ekonomi, dan cuaca
2. Persyaratan wajib yang harus dipenuhi oleh *hovercraft*, seperti stabilitas dan kriteria keamanan
3. Fitur utama yang mengontrol *hovercraft*, termasuk daya angkat, daya penggerak, dan jenis propulsor serta struktur utama lambung dan *skirt*.

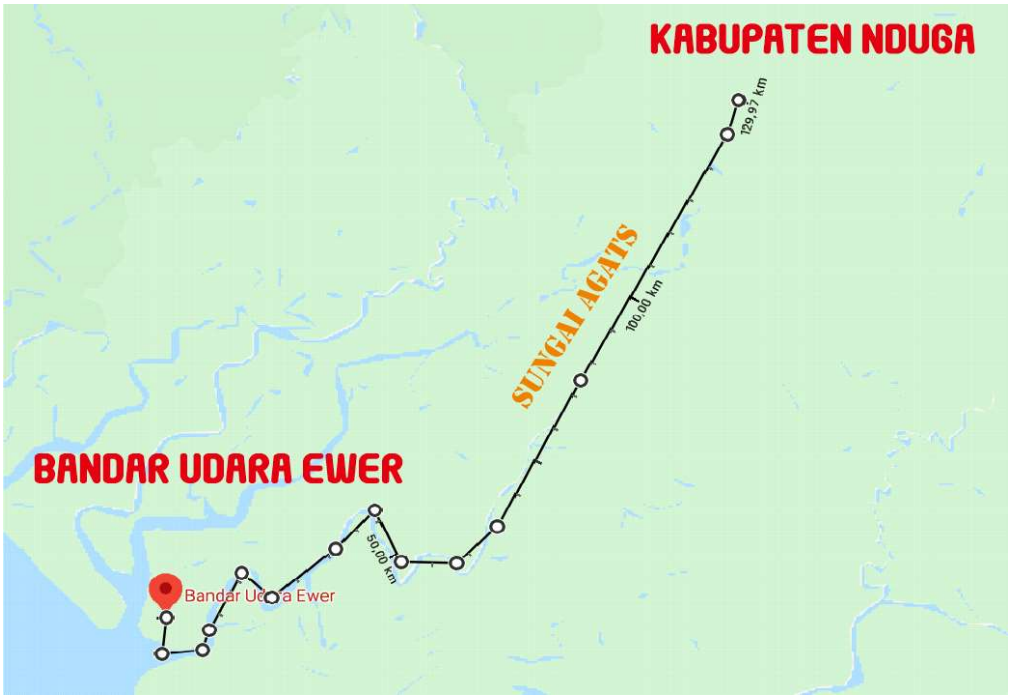
4.2.1. Penentuan Operational Requirement

Operational requirement pada Tugas Akhir ini meliputi tugas dan fungsi kapal, analisa pemilihan metode penentuan *payload,* wilayah operasional kapal, dan kecepatan.

4.2.2. Rute Operasi

Rute Operasi dari kapal *Elite Special Forces Hovercraft* yang akan dirancang dimulai dari Bandar Udara Ewer, Kabupaten Asmat, Provinsi Papua menuju Kabupaten Nduga dimana lokasi tersebut diduga menjadi lokasi markas Organisasi Papua Merdeka dan Organisasi Separatisme lainnya. Perjalanan ini melewati Sungai Unir dengan jarak tempuh perjalanan 128 km atau sama dengan 69,11 nautical miles. Perjalanan dari Sungai Unir menuju Kabupaten Nduga menggunakan *Elite Special Forces Hovercraft* maupun Anoa *Amphibious* dengan keadaan *Elite Special Forces Hovercraft* berlabuh dipinggiran Sungai Unir jika diperlukan untuk melakukan operasi gerilya

oleh Pasukan Elit Khusus. Perjalanan menggunakan *Elite Special Forces Hovercraft* memakan waktu hanya sekitar 1 jam 45 menit saja dengan kecepatan penuh 40 knots.



Gambar 4. 1 Rute Operasi (sumber : *google image*)

4.2.3. Penentuan *Payload*

Dari hasil survey yang dilakukan di KOARMATIM TNI AL, dianalisa *payload* yang ditetapkan untuk kapal patroli yang akan didesain. Pada kapal patroli yang akan didesain, dibutuhkan persenjataan Bofor 20mm beserta amunisinya untuk keperluan penjagaan kedaulatan wilayah Provinsi Papua, terutama pada Kabupaten Nduga. Diperlukan juga Anoa *Amphibious*, Tank Harimau, Senjata Pindad SS2, *Lifejacket*, *Medical Aid*, Radio Komunikasi, Bangku *Hollow* Pasukan, dan *crew* untuk melaksanakan kegiatan operasi. Perencanaan *payload* untuk kapal patroli yang akan didesain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 *Payload*

No.	Nama	Merk dan Type	Berat (kg)
1	Kursi *Pilot & Co-Pilot*	Echo	10.43
2	Kursi Lain	Echo	10.43
3	Alat Pemadam	ERRO EP-03	4.5
4	Tabung Gas Oksigen	O2 1000 m3	10
5	Kasur Darurat	BIP ALK 102 900001	35
6	Bofor 20 mm	Meriam Oerlikon 20 mm	75
7	Amunisi Bofor 20 mm	20 mm Caliber PT. PINDAD	240
8	Anoa Amphibious	Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD	12300
9	Tank Harimau	Harimau Medium Tank PT. PINDAD	30000
10	Senjata Senapan Serbu	SS2-V5 Kal. 5.56 mm PT.PINDAD	3,80
11	Kursi Perawat	Echo	10.43
12	Bangku Hollow Pasukan	Custom	4131
13	*Lifejacket*	Economic Marine Life Jacket-MLJ-CN	0.36
14	*Medical AID*	Fieldtex Back Pack Red	7.00
15	Radio Komunikasi	Icom IC-F6121D 51	1.09
16	*Cetrifugal Fan*	(SODECA CBD-3939-6T 3)	39
17	*Engine*	BM507-A Radial 112 Cylinder Series	17100

4.3. Penentuan Ukuran Utama Awal

Metode penentuan ukuran utama kapal menggunakan *Geosim Procedure*. Penentuan ukuran utama dilakukan berdasarkan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Formula untuk mencari nilai K adalah sebagai berikut.

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W1 \quad \text{.....(4.1)}$$

Hasil dari W_2/W_1 yang kemudian disebut K.

Desain kapal ini disesuaikan dengan komponen LWT dan DWT dari *operational requirement* yang telah dijelaskan di atas. Berikut adalah spesifikasi kapal yang dijadikan acuan untuk mementukan ukuran utama kapal.

Loa = 57,00 m

B = 25,00 m

H = 3,20 m

T = 1,60 m

DWT = 555 ton

Dari informasi di atas, didapatkan data ukuran utama kapal dan koefisien yang dibutuhkan dalam perhitungan *Geosim Procedure.* Data tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data Ukuran Utama Kapal Pembanding

Lpp=	57,00	**m**
B=	25,00	m
T=	1,60	m
H=	3,20	m
W_1=	555	ton

Sedangkan W_2 didapatkankan dengan cara menguraikan berat komponen tambahan yang akan didesain.

Sehingga didapatkankan W_2 sebesar 540,00 ton

$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$ ……(4.2)

$(L_2/L_1)^3 = 540/555$

$(L_2/L_1)^3 = 0{,}990909$ (Nilai K).

Ukuran utama kapal didapatkan sebagai berikut:

L = L x K ……(4.3)

= 57,00 m x 0,990909

= 57,52 m

B = B x K ……(4.4)

= 25.00 m x 0,9990909

= 25,22 m

T = T x K ……(4.5)

= 1,60 m x 0,990909

= 1,614 m

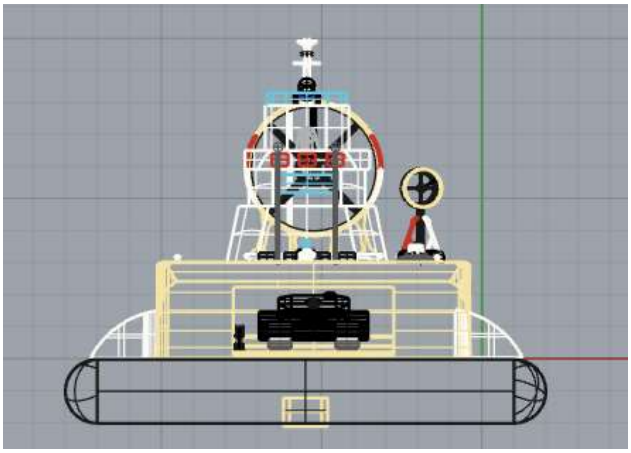
H = H x K ……(4.6)

= 3,2 m x 0,990909

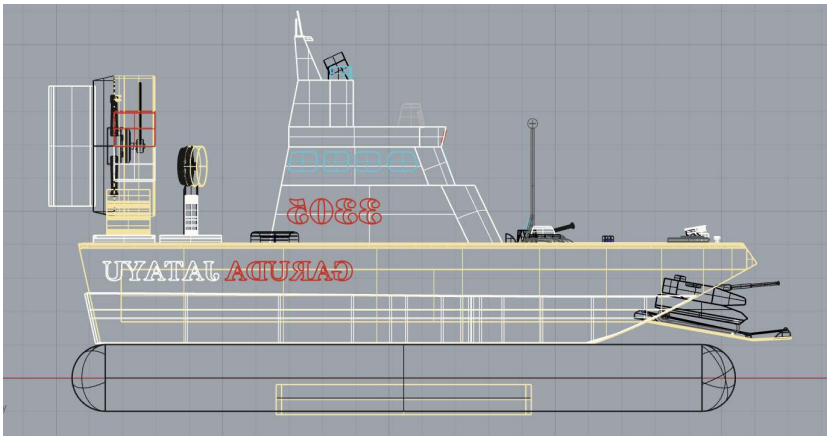
= 3,23 m

4.4. *Layout* Awal kapal *Elite Special Forces Hovercraft*

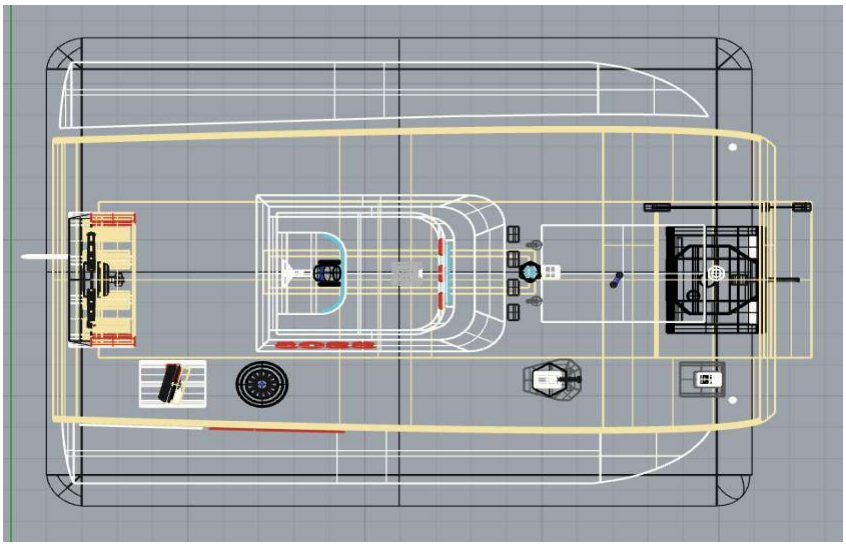
Setelah didapatkan ukuran utama awal kapal dengan menggunaka metode *Geosim Procedure*, maka dibuat *layout* awal kapal *Elite Special Forces Hovercraft.* Berikut *layout* awal dari kapal yang akan didesain ditunjukkan pada Gambar dibawah.



Gambar 4. 4 *Front View Elite Special Forces Hovercraft*



Gambar 4. 3 *Side View Elite Special Forces Hovercraft*



Gambar 4. 2 *Top View Elite Special Forces Hovercraft*

4.5. Rencana Garis dan Rencana Umum

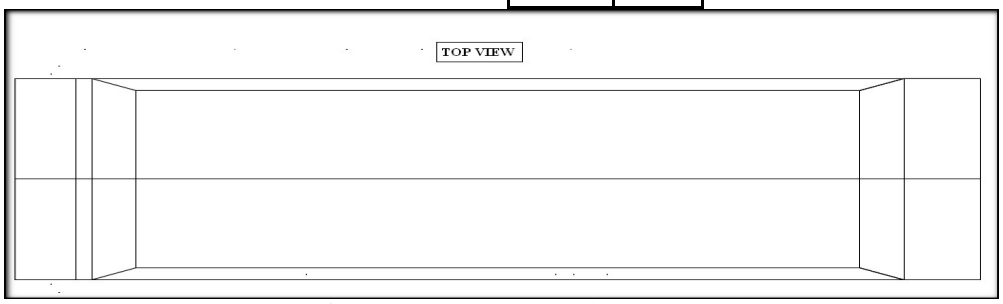
Berikut ini merupakan recana garis dan rencana umum *Elite Special Forces Hovercraft*:

4.5.1. Rencana Garis

Berikut ini merupakan *original model* dari *hull form* dan *skirt Rescue Hovercraft* yang dibuat dengan menggunakan program *Rhinoceros 5.0* dengan pembagian jarak *station* sebagai berikut:

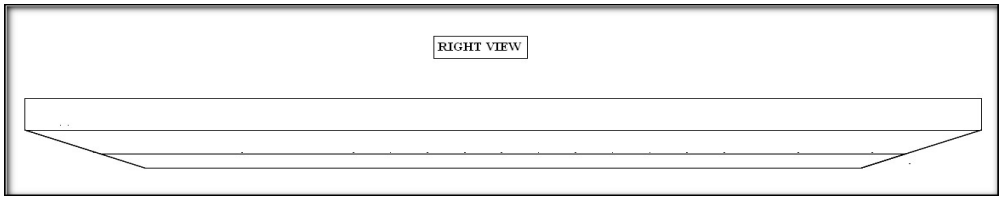
Tabel 4. 3 Jarak *Station ESFH*

Station	Jarak (m)
0	0
1	11,23
2	25,08
3	39,54
4	50,27
5	57,52



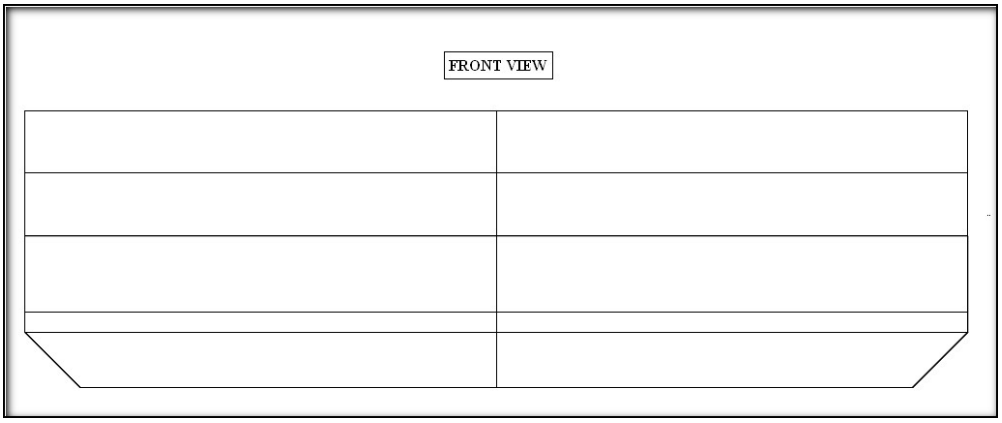
Gambar 4. 5 *Top View Hull Form Model ESFH*

Model gambar *top view hull form* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 4.5.



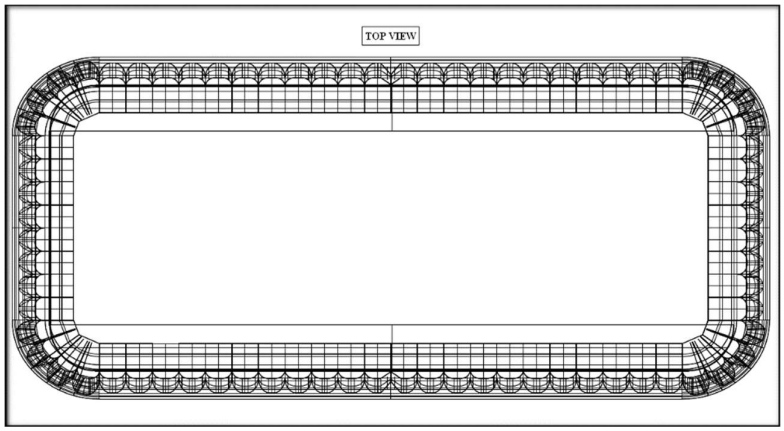
Gambar 4. 6 *Right View Hull Form Model ESFH*

Model gambar *right view hull form* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 4.6.



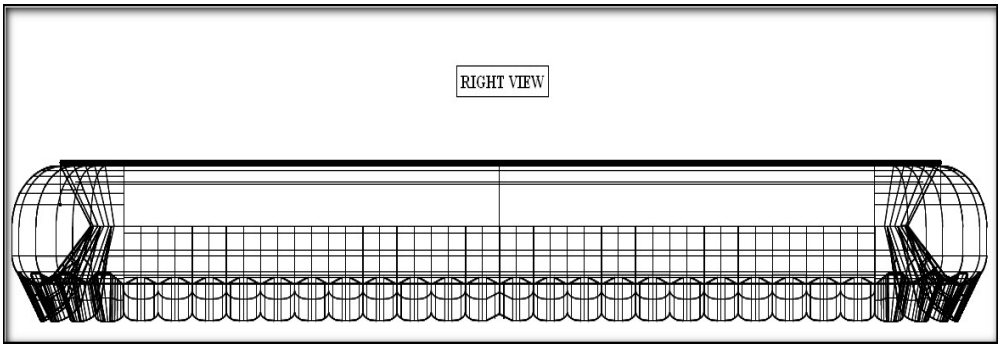
Gambar 4. 7 *Front View Hull Form Model ESFH*

Model gambar *front view hull form* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 4.7.



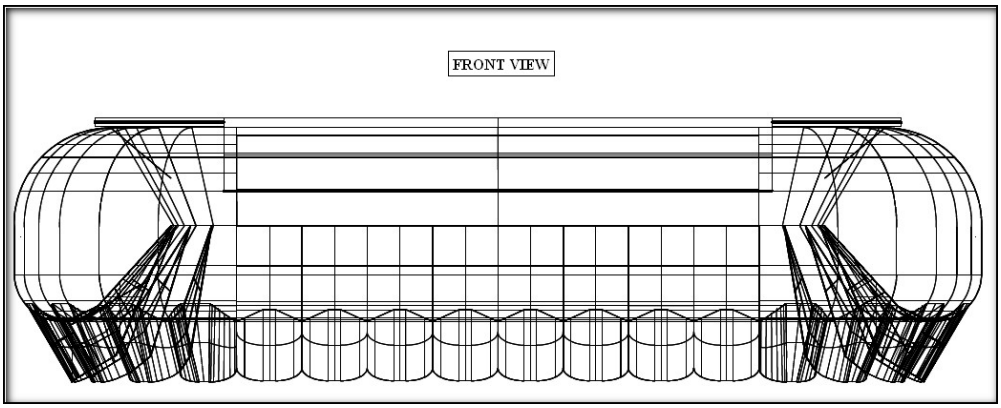
Gambar 4. 8 *Top View Skirt Model ESFH*

Model gambar *top view skirt* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 9 *Right View Skirt Model ESFH*

Model gambar *front view skirt* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 10 *Front View Skirt Model ESFH*

4.5.2. Rencana Umum

Permasalahan dalam penyusunan rencana umum biasanya tergantung tipe *hovercraft* yang direncanakan. Namun pada dasarnya perencanaan rencana umum untuk semua tipe *hovercraft* memiliki kesamaan dalam hal-hal tertentu, seperti dalam penyusunan ruangan akomodasi dan daya mesin.

Spesifikasi dan gambar rencana umum terlampir dipersiapkan sebagai petunjuk dasar untuk menyusun ruangan-ruangan yang dibutuhkan dan besarnya tangki-tangki. *Hovercraft* ini dirancang khusus sebagai kendaraan tempur untuk membawa tank, anoa, dan pasukan khusus dalam operasi penyergapan.

4.6.2.1 Tata Letak Ruang

Gambaran Rencana Umum *Elite Special Hovercraft* sesuai dengan fungsinya untuk operasi pernyergapan memperhatikan aspek fungsional, ekonomis, mudah dalam pemeliharaan dan pengangkutan serta distribusi berat sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Hovercraft ini pada bagian buritan terdapat *Ramp door* dimana ukurannya telah disesuaikan agar kendaraan tempur seperti tank maupun anoa dapat keluar dan masuk melewati *Ramp door*. *Elite Special Forces Hovercraft* mempunyai 9 ruangan utama, yaitu ruang tank dan anoa (bengkel), ruang komando pasukan elit khusus, rumah sakit, ruang peralatan deck, peralatan keselamatan, peralatan *Hovercraft*, peralatan listrik, ruang mesin, dan ruang sistem dalam *Hovercraft*. Material lambung dan *deck hovercraft* menggunakan alumunium, sedangkan material *skirt* menggunakan *rubber*.

4.6. Perhitungan Hambatan *Hovercraft*

1. Perhitungan Hambatan Total *Hovercraft* (Rtot)

1.1. Hambatan Gelombang (Rw)

$$Rw = Cw\ (4 \times Pc \times W)/(\rho w \times g \times Lc) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.7)$$

$$= 0{,}25\ (4 \times 515{,}91 \times 300000)/(1025 \times 9{,}8 \times 34{,}10)$$

$$= 451{,}52\ N$$

$$= 0{,}45\ kN$$

$Bc = 17{,}05\ m$

$Lc = 34{,}10\ m$

$Sc = 581{,}49\ m^2$

$Pc = 515{,}91\ kg/m^2$

$g = 9{,}80\ m/s^2$

$Vs = 40{,}00\ knot$

$$\sqrt{(g/Lc)/(2 \times Vs^2)} = \sqrt{(9{,}8/34{,}10)/(2 \times 40^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.8)$$

$$= 0{,}01$$

Bc/Lc = 14,70/36,74

= 0,50

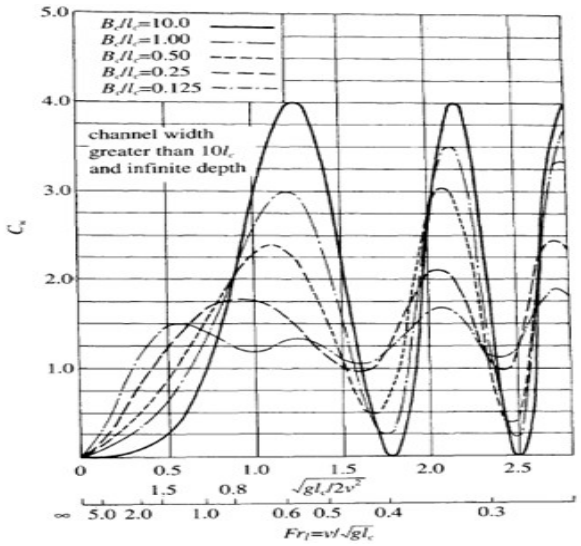
ρw = Massa jenis air laut

= 1025,00 kg/m³

Cw = Koefisien hambatan gelombang

= 0,25

(Didapatkan dari Grafik C_W - Lc/Bc Buku *Theory and Design of Air Cushion*)



Gambar 4. 11 Grafik Cw terhadap Lc/Bc yang Konstan (L. Yun dan A.Bliault, 2000)

1.2. Hambatan Profil Aerodinamis

Ra = Ca x (ρa/2) x Sa x Vs² ……(4.9)

= 0,4 x (1,22257/2) x 86 x 40²

= 33731,26 N

= 33,73 kN

Ca = Koefisien hambatan profil aerodinamis

= 0,4-0,6 (ACV)

(Diambil 0,4)

Sa = Area depan lambung hovercraft yang di atas air

= 20 x 4,3

= 86 m²

ρa = Massa jenis udara

= 1,2257 kg/m³

1.3. Hambatan Momentum Aerodinamis

Rm = Q x ρa x Vs ……(4.10)

= 506,15 x 1,2257 x 40

= 24815,38 N

= 24,82 kN

Q' = koefisien aliran udara

= 0,015-0,030 (ACV)

(Diambil 0,030)

Q = Q' x Sc x √(2 x Pc/ρa) (31)

= 0,03 x 581,49 x √(2 x 515,91 /1,2257)

= 506,15 m³/s

1.4. Hambatan Trim

Ra" = W tan Ψ' - Rw ……(4.11)

= 300000 x tan 1° - 451,82

= 4648,18 N

= 4,65 kN

Ψ' = Sudut permukaan *hovercraft* dengan permukaan gelombang

= 1° (ACV)

tan Ψ' = tan 1°

= 0,017

1.5. Hambatan Skirt

Rsk = $Rsk_1 + Rsk_2$ ……(4.12)

$Rsk_1 = Csk_1 . 10^{-6} (h/Lj)^{-0.34} . Lj . Sc^{0.5} . Qw$ ……...(4.13)

$= 2{,}5 \times 10^{-6} (4/54)^{-0.34} \times 54 \times 581{,}49^{0.5}. 82$

$= 6467{,}45$ N

$= 6{,}47$ kN

$Rsk_2 = Csk_2 \times Rw$ ……(4.14)

$= 0{,}39 \times 451{,}82$

$= 177{,}89$ N

$= 0{,}178$ kN

$Rsk = Rsk_1 + Rsk_2$

$= 64677{,}45 + 177{,}89$

$= 6645{,}34$ N

$= 6{,}65$ kN

Csk_1 = Koefisien hambatan hidrodinamika

= 2,5-3,5

(Diambil 2,5)

Lj = Panjang total bantalan

= 54,00 m

Sj = Area di bawah bantalan

= 216,00 m²

h = Sj/Lj

= 4,00 m

qw = $0{,}5 \times \rho w \times Vs^2$ ……(4.15)

= $0{,}5 \times 1025{,}00 \times 40^2$

= 820000,00 kg/m.s²

$(h/Lj)^{-0.34}$ = 2,42 m

Sc = 581,49 m²

$Sc^{0.5}$ = 24,11 m²

Pc/Lc = 15,13

$(Pc/Lc)^{-0.259}$ = 0,49

Csk_2 = Koefisien hambatan gelombang *skirt*

= 0,35

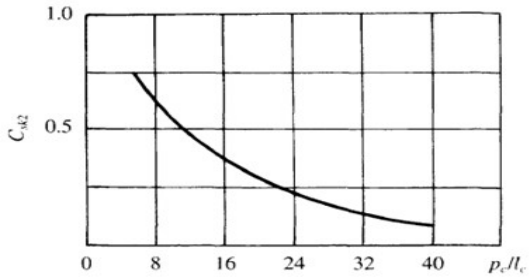
(Didapatkan dari grafik variasi koefisien hambatan gelombang *skirt* (c_{sk2}) - Pc/Lc

Buku *Theory and Design of Air Cushion*)

atau

Csk_2 = $\{[2{,}8167 \times (Pc/Lc)^{-0{,}259}] - 1\}$ ……(4.16)

= 0,39



Gambar 4. 12 Grafik Variasi Koefisien Hambatan Gelombang Skirt (Csk2) terhadap Pc/Lc
(sumber : L. Yun dan A.Bliault, 2000)

Hambatan Total:

Rtot = Rw + Ra + Rm + Ra" + Rsk ……(4.17)

= 451,82 + 33731,26 + 24815,38 + 4648,18 + 6645,34

= 70291,99 N

= 70,29 kN

4.7. Perhitungan Berat *Hovercraft*

Berikut ini merupakan perhitungan berat *Elite Special Forces Hovercraft*:

L *Hull* = 57,52 m

B *Hull* = 25,23 m

T *Hull* = 1,61 m

Lc/Bc =	2,00	Lc/Bc =	2,0-2,8	(ACV)
		Lc/Bc =	3,0-3,5	(SES)
Pc/Lc =	15,00	Pc/Bc =	10-15	(*LowDensity Craft*)

Pc/Bc = 15-20 (*High Density Craft*)

Elite Special Forces Hovercraft yang direncakan ini termasuk tipe ACV

1. Berat Total (W)

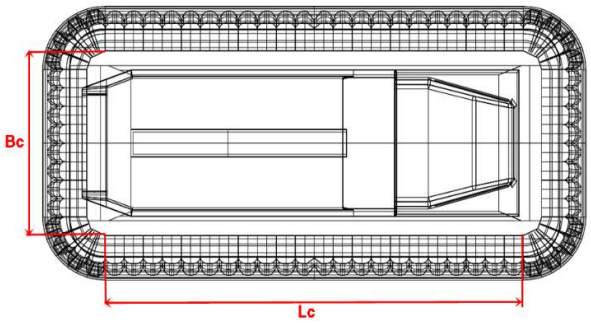
W = 300000 kg

2. Lebar Bantalan (Bc)

Bc = $(W/[(Pc/Lc) \times (Lc/Bc)^2])^{0.333}$ ……(4.18)

= $(300000 / [(15) \times (2,5)^2])^{0.333}$

= 17,05 m



3. Panjang Bantalan (Lc)

Lc = Bc/(Bc x Lc)

= Bc x Lc/Bc

= 14,7 x 2,5

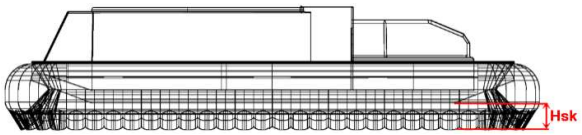
= 34,10 m

4. Luas Bantalan (Sc)

Sc = Bc x Lc

= 17,05 x 34,10

= 581,49 m^2



5. Tekanan Bantalan (Pc)

Pc = W / Sc

= 300000 / 539,97

= 515,91 kg/m^2 = 5059,15 N s^2/m^3

6. Tinggi Finger Skirt (Hsk)

Hsk = (Hsk/Bc) x Bc Hsk/Bc ≤ 0,17 (ACV)

= 0,14 x 14,70 (Hsk/Bc menggunakan 0,14)

= 2,39 m

7. Berat Kosong Hovercraft (W') dan Berat Operasional (Wop)

7.1. Berat Lambung

7.1.1. Berat Struktur Lambung (Ws)

$Ws/W = 0{,}29 \times (W^{0{,}33} / Pc)^{0{,}66}$ ……...(4.19)

$Ws/W = 0{,}29 \times (300000^{0{,}33} / 515{,}91)^{0{,}66}$

$Ws/W = 0{,}08$

$Ws = 0{,}08 \times 300000$

$= 24913{,}97$ kg

7.1.2. Berat Struktur Metal (W1)

$W1 = Ks \times Sc$

$= 57{,}5 \times 581{,}49$

$= 33435{,}81$ kg

Ks = Koefisien momen bending melintang

= 57,5

(Dari Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*)

7.1.3. Berat Perlengkapan (W2)

a. Peralatan Deck

$W2\text{-}1 = K2\text{-}1 \times W$ …….(4.20)

$= 0{,}12 \times 300000$

$= 36000$ kg

K2-1 = 0,12 (ACV)

K2-1 = 0,1 (SES)

b. Peralatan Hovercraft

$W2\text{-}2 = K2\text{-}2 \times W^{0{,}666}$ ……(4.21)

$= 0{,}08 \times 300000^{0{,}666}$

$= 355{,}51$ kg

K2-2 = 0,08 (ACV)

K2-2 = 0,1 (SES)

c. Peralatan Keselamatan

W2-3 = (K2-3-1 x Sn) + (K2-3-2 x 3) ……..(4.22)

= (0,36 x 212) + (4,5 x 7)

= 107,82 kg

K2-3-1 = Berat *Lifejacket*

= 0,36 kg

(Economic Marine Life Jacket-MLJ-CN)

K2-3-2 = Berat Alat Pemadam

= 4,5 kg

(Fire Extinguisher ERRO EP-03)

Sn = Jumlah penumpang dan kru

= 102 orang

d. Sistem Dalam Hovercraft

W2-4 = K2-4 x W …….(4.23)

= 0,02 x 300000

= 6000 kg

K2-4 = 0,05 (ACV Kecil; Berat Total <2000 kg)

K2-4 = 0,05 (ACV Sedang; Berat Total <20.000 kg)

K2-4 = 0,02 (ACV Besar, Berat Total >20.000 kg)

(K2-4 menggunakan 0,05 karena berat total <20.000 kg)

e. Peralatan Akomodasi

W2-5 = (K2-5-1 x 12) + (K2-5-2 x 4) + (K2-5-3 x 20) + (K2-5-4 x 2) + (K2-5-5 x 10) + K2-5-6 ……..(4.24)

(10,43 x 12) + (10 x 4) + (35 x 20) + (4131 x 2) +

= (7 x 10) + 1,09

= 9198,25 kg

K2-5-1 = Berat Kursi

= 10,43 kg

(Echo)

K2-5-2 = Berat Tabung Oksigen

= 10,00 kg

(O2 1000 m3)

K2-5-3 = Berat Kasur Darurat

= 35,00 kg

(Ambulance Stretcher

BIP ALK 102 900001)

K2-5-4 = Berat Lemari

= 63,00 kg

(Vitrina Armario)

K2-5-5 = Berat Peralatan Medis

= 7,00 kg

(Fieldtex Back Pack Red)

K2-5-6 = Berat Radio Komunikasi

= 1,09 kg

(Icom IC-F6121D 51)

Sn = Jumlah penumpang dan kru

= 20 orang

W2 = W2-1 + W2-2 + W2-3 + W2-4 + W2-5

= 36000 + 355,51 + 107,82 + 6000 + 4282,80

= 51661,61 kg

7.2. Berat Pembangkit Tenaga Listrik

W3 = K3-1

= 17100 kg

K3-1 = Berat *Engine*

= 17100 kg
(BM507A-2 Radial 112 Cylinder Series
(2x 56 Cylinder combined)

7.3. Berat Peralatan Listrik

W4 = K4 x ($W^{0.666}$) ……(4.25)

= 0,14 x ($300000^{0.666}$)

= 622,14 kg

K4 = 0,14 (ACV)

K4 = 0,1 (SES)

7.4. Berat Bantalan

W5 = K5 x (Lc+Bc) x Hsk x Pc ……(4.26)

= 0,02 x (51,15) x 2,39 x 515,91

= 1260,00 kg

K5 = 0,02 (ACV)

Lc+Bc = 51,15 M

7.5. Berat Pasukan, Tank, Bofor, Anoa, Senjata, Amunisi Bofor

W6 = (K6-1 x Sn) + (K6-2 x Sn) + (K6-3 x Sn) + (K6-4 x Sn) + (K6-5 x Sn) + (K6-6 x Sn)

= (90 x 90) + (30000 x 1) + (75 x 2) + (12300 x 4) + (3,8 x 90) + (0,24 x 1000)

= 88272 kg

K6-1 = Berat pasukan

= 90 kg

Sn = Jumlah pasukan

= 90 orang

K6-2 = Berat Tank

Sn = Jumlah Unit

= 1 Unit

(Harimau Medium Tank PT. PINDAD)

K6-3 = Berat Bofor 20 mm

= 75 kg

Sn = Jumlah Unit

= 2 Unit

K6-4 = Berat Anoa Amphibous

= 12300 kg

Sn = Jumlah Unit

K6-5 = Pindad SS2

= 3,8 kg

Sn = Jumlah Unit

= 90 Unit

K6-6 = Amunisi Bofor 20mm

= 0,24 kg

Sn = Jumlah amunisi

= 2000 buah

7.6. Berat Kru

W7 = K7 x Sk ……..(4.27)

= 90 x 12

= 1080 kg

K7 = Berat kru

= 90 kg

Sk = Jumlah kru

= 12 orang

7.7. Berat Bahan Bakar

W8 = qe x N x (R/Vs) x K8 ……(4.28)

= 0,04 x 7355 x (69,11/40) x 1,08

= 534,41 kg

R = Jarak tempuh

= 128,00 km

= 69,11 nautical miles

Vs = Kecepatan

= 40,00 knot

K8 = 1,08

N = Total daya

= 7355 kW

qe = Konsumsi bahan bakar

= 333 liter/jam

= (333 x 0,86) / 7355

= 0.04 kg/kW.h

(BM507A-2 Radial 112 Cylinder Series (2x 56 Cylinder combined)

1 liter = 0,86 kg 1 HP = 0,73549 kW

7.8. Berat Cairan

a. W9 = K9 x W …….(4.29)

= 0,07 x 300000

= 21000 kg

b. W9 = K9 x W

= 0,12 x 300000

= 36000 kg

c.W9 = K9 x W

= 0,1 x 300000

= 30000 kg

K9-a = 0,07 (Sistem *Skirt Shift*)
(Untuk ACV dengan berat total <20.000 kg)

K9-b = 0,12 (Ballast Air)
(Untuk ACV dengan berat total <20.000 kg)

K9-c = 0,10 (Ballast Bahan Bakar)
(Untuk ACV dengan berat total <20.000 kg)

Dengan pertimbangan bahwa sistem *skirt shift* harus memiliki alat khusus untuk mengoperasikannya yang berarti akan menambah beban pada *hovercraft* dan dari segi ekonomi kurang ekonomis serta sistem ballast bahan bakar tidak mudah dalam pengaturan volumenya saat bahan bakar tersebut telah banyak berkurang karena telah menempuh jarak yang jauh, maka *Rescue Hovercraft* ini diputuskan menggunakan ballast air.

7.9. Berat Cadangan

W10 = K10 x W ……(4.30)

= 0,15 x 300000

= 45000 kg

K10 = 0,15

Berat Kosong *Hovercraft*:

W' = Ws + W1 + W2 + W3 + W4 + W5 ……...(4.31)

= 24913,97 + 47376,13 + 46746,13 + 17100 + 622,14 + 1260

= 128993,53 kg

Berat Operasional:

Wop = Ws + W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6 + W7 + W8 + W9 + W10 …...(4.32)

= 24913,97 + 47376,13 + 46746,13 +17100 + 622,14 + 1260 + 92672 + 1080 + 534,41 + 36000 + 45000

= 299879,95 kg

Koreksi Berat Operasional terhadap Berat Total:

W-Wop = 120,05 kg ≤ 5% W ……(4.33)

= 120,05 kg ≤ 15000 kg

Daya Muat:

Payload = Wop - (W7 + W8 + W9) - W' ……..(4.34)

= 133272 kg

4.8. Perencanaan Tangki

Berikut ini merupakan perhitungan tangki *Rescue Hovercraft*:

1. Tangki Bahan Bakar

V = W8 / ρsolar ……....(4.35)

= 534,41 / 820,00

= 0,65 m³

W8 = Berat bahan bakar

= 534,41 kg

ρsolar = Massa jenis solar

= 820,00 kg/m³

Dimensi Tangki Bahan Bakar:

Panjang = 1,0 m

Lebar = 2,2 m

Tinggi = 0,3 m

2. Tangki Ballast

V = W9 / ρair ……(4.36)

= 36000 / 1000,00

= 36,00 m³

W9 = Berat air

= 36000 kg

ρair = Massa jenis solar

= 1000,00 kg/m³

Dimensi Tangki Ballast:

Panjang = 6,50 m

Lebar = 4,00 m

Tinggi = 1,40 m

4.9. Perhitungan Hambatan *Hovercraft*

1. Perhitungan Hambatan Total *Hovercraft* (Rtot)

1.1. Hambatan Gelombang (Rw)

Rw = Cw (4 x Pc x W)/(ρw x g x Lc) ……..(4.37)

= 0,25 (4 x 515,91 x 300000)/(1025 x 9,8 x 34,10)

= 451,52 N

= 0,45 kN

Bc = 17,05 m

Lc = 34,10 m

Sc = 581,49 m²

Pc = 515,91 kg/m²

g = 9,80 m/s²

Vs = 40,00 knot

$\sqrt{(g/Lc)/(2 \times Vs^2)} = \sqrt{(9,8/34,10)/(2 \times 40^2)}$ (28)

= 0,01

Bc/Lc = 14,70/36,74

= 0,50

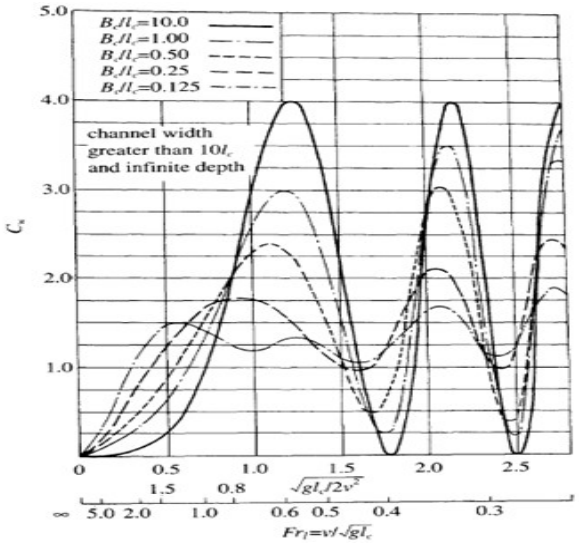
ρw = Massa jenis air laut

= 1025,00 kg/m³

Cw = Koefisien hambatan gelombang

= 0,25

(Didapatkan dari Grafik Cw - Lc/Bc Buku *Theory and Design of Air Cushion*)



Gambar 4. 13 Grafik Cw terhadap Lc/Bc yang Konstan (L. Yun dan A.Bliault, 2000)

1.2. Hambatan Profil Aerodinamis

Ra = Ca x (ρa/2) x Sa x Vs² ……(4.38)

= 0,4 x (1,22257/2) x 86 x 40²

= 33731,26 N

= 33,73 kN

Ca = Koefisien hambatan profil aerodinamis

= 0,4-0,6 (ACV)

(Diambil 0,4)

Sa = Area depan lambung hovercraft yang di atas air

= 20 x 4,3

= 86 m²

ρa = Massa jenis udara

= 1,2257 kg/m³

1.3. Hambatan Momentum Aerodinamis

Rm = Q x ρa x Vs ……(4.39)

= 506,15 x 1,2257 x 40

= 24815,38 N

= 24,82 kN

Q' = koefisien aliran udara

= 0,015-0,030 (ACV)

(Diambil 0,030)

Q = Q' x Sc x √(2 x Pc/ρa) (31)

= 0,03 x 581,49 x √(2 x 515,91 /1,2257)

= 506,15 m³/s

1.4. Hambatan Trim

Ra" = W tan Ψ" - Rw …… (4.40)

= 300000 x tan 1° - 451,82

= 4648,18 N

= 4,65 kN

Ψ' = Sudut permukaan *hovercraft* dengan permukaan gelombang

= 1° (ACV)

tan Ψ' = tan 1°

= 0,017

1.5. Hambatan Skirt

Rsk = $Rsk_1 + Rsk_2$

Rsk_1 = $Csk_1 . 10^{-6} (h/Lj)^{-0,34} . Lj . Sc^{0.5} . Qw$ ……(4.41)

= $2,5 \times 10^{-6} (4/54)^{-0,34} \times 54 \times 581,49^{0.5} . 82$

= 6467,45 N

= 6,47 kN

Rsk_2 = Csk_2 x Rw ……(4.42)

= 0,39 x 451,82

= 177,89 N

= 0,178 kN

Rsk = $Rsk_1 + Rsk_2$

= 64677,45 + 177,89

= 6645,34 N

= 6,65 kN

Csk_1 = Koefisien hambatan hidrodinamika

= 2,5-3,5

(Diambil 2,5)

Lj = Panjang total bantalan

= 54,00 m

Sj = Area di bawah bantalan

= 216,00 m²

h = Sj/Lj

= 4,00 m

qw = 0,5 x ρw x Vs^2 (36)

= 0,5 x 1025,00 x 40^2

= 820000,00 kg/m.s^2

$(h/Lj)^{-0.34}$ = 2,42 m

Sc = 581,49 m^2

$Sc^{0.5}$ = 24,11 m^2

Pc/Lc = 15,13

$(Pc/Lc)^{-0.259}$ = 0,49

Csk_2 = Koefisien hambatan gelombang *skirt*

= 0,35

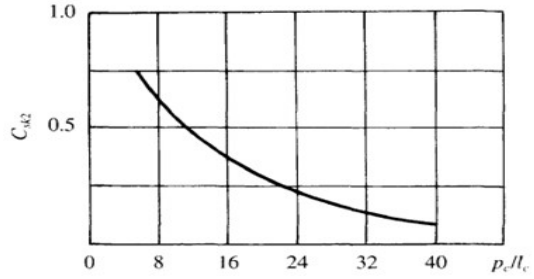
(Didapatkan dari grafik variasi koefisien hambatan gelombang *skirt* (c_{sk2}) - Pc/Lc

Buku *Theory and Design of Air Cushion*)

atau

Csk_2 = {[2,8167 x $(Pc/Lc)^{-0.259}$] -1} ……..(4.43)

= 0,39



Gambar 4. 14 Grafik Variasi Koefisien Hambatan Gelombang Skirt (Csk2) terhadap Pc/Lc (L. Yun dan A.Bliault, 2000)

Hambatan Total:

Rtot = Rw + Ra + Rm + Ra" + Rsk ……..(4.44)

= 451,82 + 33731,26 + 24815,38 + 4648,18 + 6645,34

= 70291,99 N

= 70,29 kN

4.10. Perhitungan Sistem *Lifter* dan Sistem *Thruster*

Berikut ini merupakan perhitungan berat *Rescue Hovercraft*:

1. Sistem *Lifter*

1.1. Volume Udara Angkat (Q)

$Q = Q' \times Sc \times \sqrt{(2 \times Pc/\rho a)}$ ……..(4.45)

$= 0{,}03 \times 1500 \times \sqrt{(2 \times 515{,}91 / 1{,}2257)}$

$= 506{,}15\ m^3/s$

$Bc = 17{,}05\ m$

$Lc = 34{,}10\ m$

$Sc = 581{,}49\ m^2$

$Pc = 515{,}91\ kg/m^2$

$Q' = 0{,}015 - 0{,}030$ (ACV)

$g = 9{,}8\ m/s^2$

$Vs = 40{,}00$ knot

$\rho a = 1{,}2257\ kg/m^3 = 12{,}0119\ N\ s^2/m^4$

1.2. Tekanan Total *Fan* (H)

$H = H' \times \rho a \times \mu_2^2$ ……(4.46)

$= 0{,}25 \times 12{,}0119 \times 110^2$

$= 36335{,}88\ N/m^2$

$= 3707{,}74\ kg/m^2$

H' = Koefisien tekanan total *fan*

$= 0{,}25$

μ_2 = Kecepatan melingkar *fan impeller*

= 80-110 m/s (*Airfoil Blade*)

(Diambil 110 m/s)

1.3. Daya Angkat ($N\iota$)

$N\iota = (H \times Q) / (\eta f \times \eta t)$ ……(4.47)

= (3707,74 x 506,15) / (0,92 x 0,97)

= 2102939,60 Watt

= 2859,20 HP

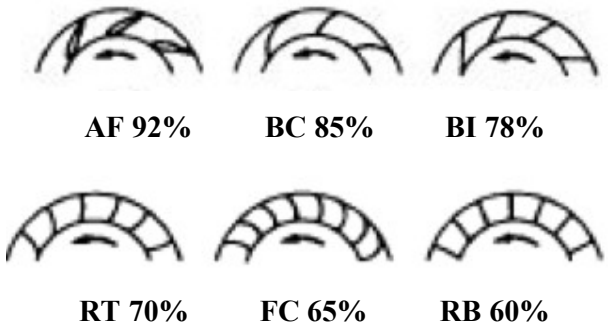
ηf = Efisiensi *fan*

= 0,92 (*Airfoil Blade*)

ηt = Efisiensi transmisi

= 0,97

(Didapatkan dari Buku *Theory and Design of Air Cushion*)



Gambar 4. 15 Efisiensi Daun *Impeller* (Hendra dan Agoes, 2011)

1.4. Perencanaan *Fan Centrifugal*

a. Diameter *Impeller* (d_2)

d_2 = $\sqrt{(4 \times Q)/(Q' \times \mu_2 \times \pi)}$ ……(4.48)

= $\sqrt{(4 \times 506,15)/(0,030 \times 110 \times 3,14)}$

= 13,98 m

b. Diameter *Impeller* Daerah *Input* (d_1)

d_1 = (0,6-07) x d_2 ……(4.49)

= 0,6 x 13,98

= 8,39 m

c. Lebar Daun *Impeller* (b)

b = 0,46 x d_1 ……(4.50)

= 0,46 x 8,39

= 3,86 m

d. Perencanaan *Scroll Housing*

Rc_1 = 71,2% d_2 ……(4.51)

= 71,2% (13,98)

= 9,95 m

Rc_2 = 83,7% d_2 ……(4.52)

= 83,7% (13,98)

= 11,70 m

Rc_3 = 96,2% d_2 ……(4.53)

= 96,2% (13,98)

= 13,45 m

e. Lebar *Scroll Housing* (w)

w = 75% d_2 ……(4.54)

= 75% (13,98)

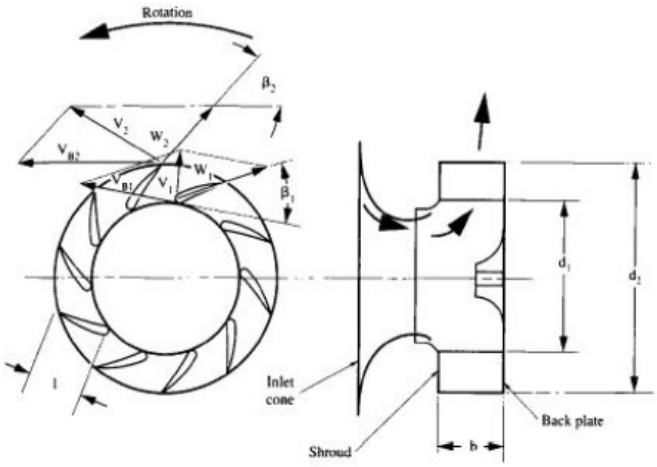
= 10,48 m

f. Tinggi *Outlet Scroll Housing* (Ho)

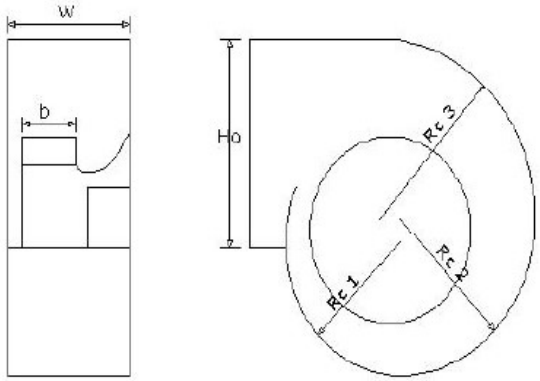
Ho = 112% d_2 ……..(4.55)

= 112% (13,98)

= 15,66 m



Gambar 4. 16 Skematik *Centrifugal Fan Impeller* (Hendra dan Agoes, 2011)



Gambar 4. 17 Skematik *Scroll Housing Fan* (Hendra dan Agoes, 2011)

2. Sistem *Thruster*

2.1. Gaya Dorong yang Diperlukan (T)

T = Rtot / (1-t) ……(4.56)

= 70291,99 / 0,92

= 76404,33 N

= 76,40 kN

Vs = 40,00 knot

Rtot = 70291,99 N

(1-t) = Hambatan dorong

= 0,92

2.2. Daya Propulsi (N_P)

N_P = Vs x Rtot / (ηp x ηt) …….(4.57)

= 40 x 70291,99 / (0,60 x 0,97)

= 4831064,26 Watt

= 6568,42 HP

J = *Advance ratio*

= 0,6-0,14 (Diambil 0,6)

ηp = Efisiensi propeller

= 0,60

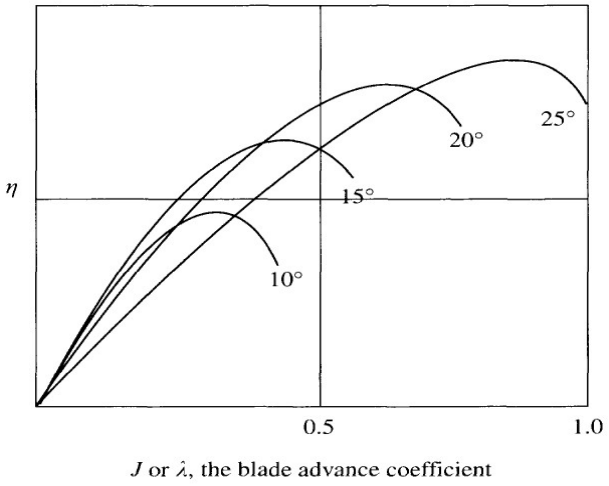
(Didapatkan dari Variasi efisiensi propeller pada sudut yang berbeda)

Buku *Theory Design Air Cushion Craft*)

ηt = Efisiensi transmisi

= 0,97

(Didapatkan dari Buku *Theory and Design of Air Cushion*)



Gambar 4. 18 Grafik Variasi Efisiensi Propeller pada Sudut yang Berbeda (L.Yun dan A.Bliault, 2000)

2.3. Total Daya (N)

N = $N_ι$ + N_p ……..(4.58)

= 2859,20 + 6568,42

= 9427,62 HP

ε = Daya mesin

= 10000 HP

(BM507A-2 RADIAL 112 Cylinder Series

(2x 56 Cylinder combined)

Koreksi total daya terhadap daya mesin:

N ≤ ε

9427,62 ≤ 10000 HP 10000 HP = 7355 kW

3 Thrust = 2451,63 kW

2.4. Perencanaan Propeller

Tabel 4. 4 Perbandingan Daya dan Diameter *Air Propeller*

Daya (P) (kW)	Diameter (D) (m)
1838	6,0
2451,63	**6,9**
2501	7,0

Didapatkan diameter sebesar 6,9 meter. Menggunakan metode interpolasi berdasarkan data di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*

b. Penentuan *Blade Chord Air Propeller* (c)

$$AF = 10^5/D^5 \int_{r=0.1D}^{r=0.5D} c\, r^3\, dr \quad \text{.....(4.59)}$$

100 = $10^5/(6,9)^5$ ((c/4 (143,778)-(c/4(0,230))

1000 = 608204,87 c

sehingga :

c = 0,15

D = Diameter Propeller

= 6,9 m

AF = *Activity factor*

= 100-150

(Diambil 100)

c. Perencanaan *Duct Air Propeller*

Diamater *duct* besarnya 90-115% diameter *Air Propeller*

D duct = 90% D …….(4.60)

= 90% 6,9

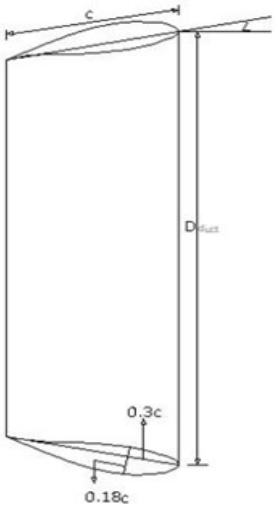
= 7,27 m

Sudut masuk atau kemiringan aerofoil 5°-10° *chord line aerofoil*, sedangkan panjang chord 0,4D -0,6 D.

¢ = 0,4 x D ……....(4.61)

= 0,4 x 6,9

= 2,8 m

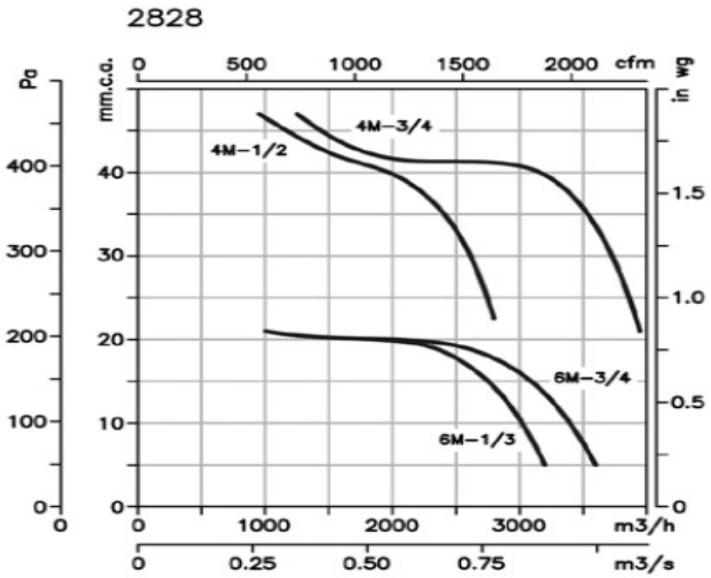


Gambar 4. 19 *Duct Air Propeller* (Hendra dan Agoes, 2011)

4.11. Perhitungan Tinggi Rintangan di Darat dan di Laut

1. Tinggi Angkat *Hovercraft* (ta)

Setelah menentukan mesin yang digunakan yaitu *BM507A-2 RADIAL 112 Cylinder Series (2x 56 Cylinder combined* maka ditentukan *Centrifugal Fan* sebagai penyuplai udara ke *skirt*. *Rescue Hovercraft* ini direncanakan menggunakan *Centrifugal Fan SODECA CBD-3939-6T 3*. Dalam Katalog *Centrifugal Fan SODECA* terdapat grafik tekanan statis (Pe) terhadap volume udara angkat (Q). Dari grafik tersebut dapat dihitung tinggi angkat *hovercraft* menggunakan formula dari buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu: ta = Q / (H x Sc)



Gambar 4. 20 Grafik Tekanan Statis pada *Centrifugal Fan* terhadap Volume Udara Angkat (*Centrifugal Fan* SODECA CBD-3939-6T 3) (Sumber:www.sodeca.com)

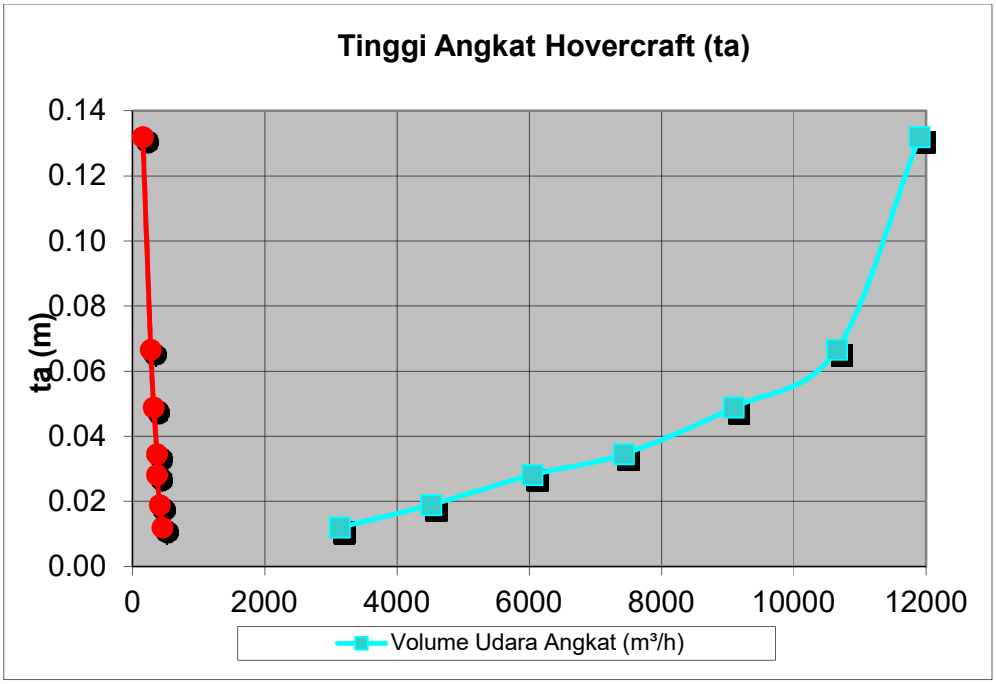
Tabel 4. 5 Perhitungan Tinggi Angkat *Hovercraft*

No.	Q (m^3/h)	Pe (Pa)	Sc (m^2)	ta (m)
1.	3129,37	450,00	581,49	0,01
2.	4511,13	410,00	581,49	0,02
3.	6047,21	370,00	581,49	0,03
4.	7428,95	370,00	581,49	0,03
5.	9087,56	320,00	581,49	0,05
6.	10647,58	275,00	581,49	0,07
7.	11900,00	155,00	581,49	0,13

Pe = Tekanan statis

Sc = Luas bantalan udara

Q = Volume udara angkat



Gambar 4. 21 Grafik Tinggi Angkat *Hovercraft* terhadap Volume Udara Angkat dan Tekanan Statis

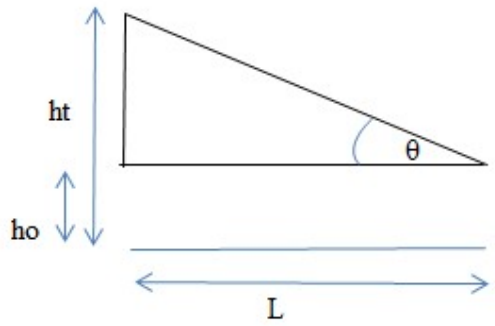
Gambar 4.19 di atas menunjukan bahwa semakin besar volume udara angkat maka tinggi angkat semakin besar. Sebaliknya dengan tekanan statis, semakin besar tekanan statis maka tinggi angkat semakin kecil.

2. Rintangan di Darat

2.1. Tinggi Lintasan (ht)

$$ht = ho + (L \times \text{Tan } \theta) \quad \ldots\ldots\ldots\

ho = ta maks
L = Panjang *hovercraft*
= 57,52 m
θ = Kemiringan lintasan (^{0})



Gambar 4. 22 Skema Tinggi Lintasan *Hovercraft*

Gambar 4. 23 Grafik Tinggi Lintasa di Darat terhadap Kemiringan Lintasan

Gambar 4.21 di atas menunjukan bahwa semakin besar kemiringan lintasan maka tinggi lintasan di darat yang dapat dilalui oleh *hovercraft* semakin tinggi.

3. Rintangan di Laut

3.1. Tinggi Gelombang Laut (Hw)

$$Rw / (qw \times Lc \times Sc)^{0,5} = 20 \times 10^{-5} (2\,Hw'' / [hc + hf])^{1,67} \quad \text{.....(4.63)}$$

$$(2\,Hw'' / [hc + hf])^{5/3} = Rw / (20 \times 10^{-5} ((qw \times Lc \times Sc)^{0,5}))$$

$(2\ Hw'' / [4{,}00 + 2{,}39])^{5/3} = 46{,}10 / (20 \times 10^{-5} ((820000 \times 34{,}10 \times 581{,}49)^{0{,}5}))$

$(2\ Hw'' / [4{,}00 + 2{,}39])^{5/3} = 0{,}18$

$(2\ Hw'' / [6{,}39])^{5/3} = 0{,}18$

$0{,}144\ Hw'' = 0{,}18$

$Hw'' = 1{,}26$ m

$Hw = 2 \times Hw''$

$Hw = 2{,}51$ m

$Bc = 17{,}05$ m

$Lc = 34{,}10$ m

$Sc = 581{,}49$ m

$Pc = 515{,}91$ kg/m²

$g = 9{,}8$ m/s²

$Vs = 40{,}00$ knot

$\rho a = 1{,}2257$ kg/m³

$\rho w =$ Massa jenis air

$=$ 1025,00 kg/m³

$qw = 0{,}5 \times \rho w \times Vs^2$

$= 0{,}5 \times 1025{,}00 \times 40^2$

$=$ 820000,00 kg/m.s²

$hc =$ Tinggi bantalan

$=$ 4,00 m

$hf =$ Tinggi *finger skirt*

$=$ 2,39 m

$Rw =$ Hambatan gelombang

$=$ 46,10 kg

$Hw'' =$ Setengah tinggi gelombang laut

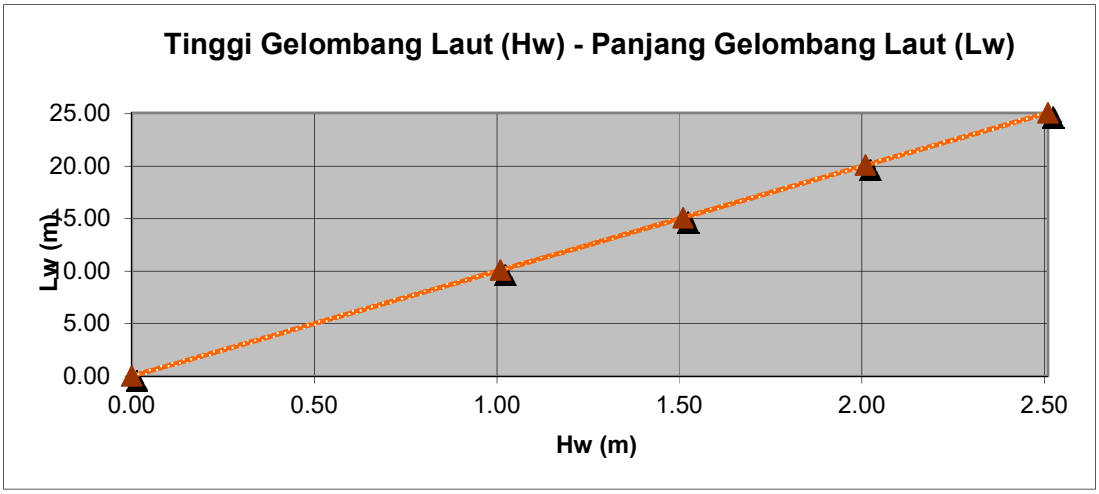
$Vw =$ Kecepatan gelombang laut

3.2. Panjang Gelombang Laut (Lw)

$Hw = 0{,}1\ Lw$ (untuk $Lw < 38$ m) ……(4.64)

Tabel 4. 7 Perhitungan Panjang Gelombang Laut

No.	Hw (m)	Lw (m)
1.	2,51	25,10
2.	2,01	20,10
3.	1,51	15,10
4.	1,01	10,10
5.	0,00	0,00



Gambar 4. 24 Grafik Tinggi Gelombang terhadap Panjang Gelombang Laut

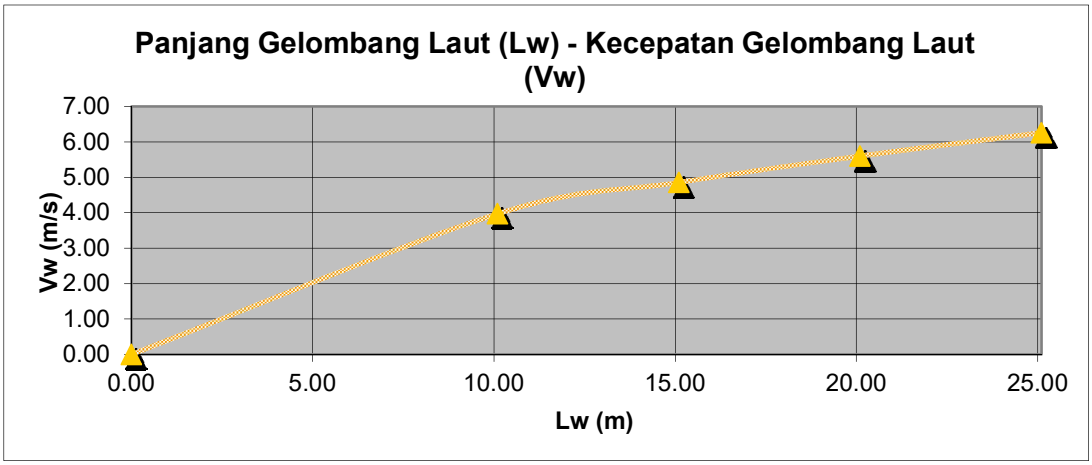
Gambar 4.22 di atas menunjukan bahwa semakin tinggi gelombang laut maka panjang gelombang laut yang dapat dilalui oleh *hovercraft* semakin panjang.

3.3. Kecepatan Gelombang Laut (Vw)

$Vw = 1{,}25\ (Lw^{0{,}5})$ ……..(4.65)

Tabel 4. 8 Perhitungan Kecepatan Gelombang Laut

No.	Lw (m)	Vw (m/s)
1.	25,10	6,26
2.	20,10	5,60
3.	15,10	4,86
4.	10,10	3,97
5.	0,00	0,00



Gambar 4. 25 Grafik Panjang Gelombang Laut terhadap Kecepatan Gelombang Laut

Gambar 4.23 di atas menunjukan bahwa semakin panjang gelombang laut maka kecepatan gelombang laut yang dapat dilalui oleh *hovercraft* semakin besar.

4.12. Perhitungan Titik Berat *Hovercraft*

Setiap benda memiliki tittik berat. Titik berat (*center of gravity*) *hovercraft* merupakan titik tangkap dari sebuah gaya berat yang ada pada *hovercraft*. Titik ini merupakan gaya berat W yang bekerja vertikal ke bawah.

Letak titik berat *hovercraft* dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot yang ada pada *hovercraft*. Semakin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas maka letak titik beratnya akan semakin tinggi. Pada perhitungan titik berat *Elite Special Forces Hovercraft* ini diasumsikan 2 kondisi, yaitu:

1. Saat tidak beroperasi, yaitu saat *hovercraft* tidak melakukan operasi sehingga *hovercraft* hanya diisi oleh kru
2. Saat beroperasi, yaitu saat *hovercraft* melakukan operasi sehingga *hovercraft* diisi oleh kru, Tank Harimau, Anon *Amphibious*, Pasukan Elit Khusus.

Tabel 4. 9 Titik Berat dan Titik *Lift* Saat Tidak Beroperasi

No.	Nama Bagian	Berat (W) (kg)	Jarak X (m)	Jarak Y (m)	Jarak Z (m)	WX (kg m)	WY (kg m)	WZ (kg m)
1	*Dashboard* & Alat Kemudi	604.80	27.842	12.85	0.00	16838.84	7768.66	0.00
2	Kursi *Pilot & Co-Pilot*	20.87	28.81	12.50	0.00	601.04	260.82	0.00
3	*Pilot & Co-Pilot*	180.00	28.81	12.50	0.00	5185.08	2250.00	0.00
4	Bangku Hollow Pasukan A	4131.00	29.095	4.78	0.00	120191.45	19746.18	0.00
5	Bangku Hollow Pasukan B	4131.00	35	4.78	0.00	144585.00	19746.18	0.00
6	Tangki Bahan Bakar	1782.00	49.6	4.21	0.00	88387.20	7500.44	0.00
7	Alat Pemadam	31.50	49.67	6.06	-3.11	1564.61	190.89	-98.00
8	Solar	534.41	49.6	4.21	0.00	26506.80	2249.34	0.00
9	Bofor A 20 mm	75.00	18.50	9.96	-9.64	1387.80	747.30	-722.70
10	Bofor B 20 mm	75.00	18.50	9.96	9.64	1387.80	747.30	722.70
11	Tabung Gas Oksigen	40.00	49.66	5.555	-1.38	1986.44	222.20	-55.28
12	Kasur Darurat Kiri	350.00	36.74	5.06	-2.15	12859.00	1769.25	-752.50
13	Kasur Darurat Kanan	350.00	40.045	5.06	-2.15	14015.75	1769.25	-752.50
14	Kursi Perawat	10.43	41.61	4.78	3.00	434.07	49.87	31.30
15	Peralatan *Deck*	36000.00	27.41	7.66	0.00	986688.00	275616.00	0.00
16	Peralatan *Hovercraft*	355.51	50.51	6.153	-4.77	17956.14	2187.46	-1695.08
17	Peralatan Keselamatan	107.82	50.51	6.15	4.77	5445.77	663.42	514.09
18	Sistem Dalam *Hovercraft*	6000.00	43.64	5.33	0.00	261852.00	31956.00	0.00
19	Berat Peralatan Listrik	622.14	49.81	6.15	1.75	30987.74	3828.05	1088.75
20	Berat Struktur Lambung	24913.97	28.78	6.53	0.00	717073.86	162613.48	0.00
21	Berat Struktur Metal	33435.81	28.78	6.53	0.00	962349.52	218235.54	0.00
22	Berat Bantalan	1260.00	30.62	2.02	0.00	38578.68	2545.20	0.00
23	Berat *Ballast*	36000.00	15.75	4.26	0.00	566892.00	153180.00	0.00
24	*Centrifugal Fan*	39.00	44.81	9.26	0.00	1747.51	361.06	0.00
25	*Engine*	17100.00	52.92	5.80	0.00	904897.80	99180.00	0.00
26	*Propeller Thrust 1*	609.95	55.38	13.82	0.00	33779.42	8431.89	0.00
27	*Propeller Thrust 2*	609.95	55.38	13.82	7.00	33779.42	8431.89	4269.62
28	*Propeller Thrust 3*	609.95	55.38	13.82	-7.00	33779.42	8431.89	-4269.62
29	*Duct 1*	3.86	54.97	13.82	0.00	212.28	53.38	0.00
30	*Duct 2*	3.86	55.97	13.82	7.00	216.14	53.38	27.03
31	*Duct 3*	3.86	56.97	13.82	-7	220.00	53.38	-27.03
	ΣW =	169991.69		ΣWX; ΣWY; ΣWZ =		5032166.56	1040786.31	-1719.22

	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	
Center of Gravity (CG) = ΣWX/ΣW ; ΣWY/ΣW ; ΣWZ/ΣW =	29.60	6.12	-0.01	m
Center of Lift (CL) =	29.60	-0.13	-0.01	m
Sumbu X : Longitudinal	dari	dari	dari	
Sumbu Y : Vertical	depan	base line	tengah	
Sumbu Z : Transversal				

Tabel 4. 10 Titik Berat dan Titik *Lift* Saat Beroperasi

No.	Nama Bagian	Berat (W) (kg)	Jarak X (m)	Jarak Y (m)	Jarak Z (m)	WX (kg m)	WY (kg m)	WZ (kg m)
1	*Dashboard* & Alat Kemudi	604.80	27.842	12.845	0	16838.84	7768.66	0.00
2	Kursi *Pilot* & *Co-Pilot*	20.87	28.806	12.5	0	601.04	260.82	0.00
3	*Pilot* & *Co-Pilot*	180.00	28.806	12.5	0	5185.08	2250.00	0.00
4	Bangku Hollow Pasukan A	4131.00	29.095	4.78	0	120191.45	19746.18	0.00
5	Bangku Hollow Pasukan B	4131.00	35	4.78	0	144585.00	19746.18	0.00
6	Tangki Bahan Bakar	1782.00	49.6	4.209	0	88387.20	7500.44	0.00
7	Alat Pemadam	31.50	49.67	6.06	-3.111	1564.61	190.89	-98.00
8	Solar	534.41	49.6	4.209	0	26506.80	2249.34	0.00
9	Bofor A 20 mm	75.00	18.504	9.964	-9.636	1387.80	747.30	-722.70
10	Bofor B 20 mm	75.00	18.504	9.964	9.636	1387.80	747.30	722.70
11	Amunisi Bofor A 20 mm	240.00	18.50	9.96	-9.64	4440.96	2391.36	-2312.64
12	Amunisi Bofor B 20 mm	240.00	18.50	9.96	9.64	4440.96	2391.36	2312.64
13	Tank Harimau	30000.00	18.20	5.78	0.00	545880.00	173490.00	0.00
14	Anoa Amphibious 1	12300.00	12.78	5.87	-5.36	157181.70	72201.00	-65903.40
15	Anoa Amphibious 2	12300.00	12.78	5.87	5.36	157181.70	72201.00	65903.40
16	Anoa Amphibious 3	12300.00	22.12	5.87	-5.36	272051.40	72201.00	-65903.40
17	Anoa Amphibious 4	12300.00	22.12	5.87	5.36	272051.40	72201.00	65903.40
18	Pasukan Elit Khusus A	4050.00	29.10	4.78	0.00	117834.75	19359.00	0.00
19	Pasukan Elit Khusus B	4050.00	35.00	4.78	0.00	141750.00	19359.00	0.00
20	Tabung Gas Oksigen	40.00	49.66	5.56	-1.38	1986.44	222.20	-55.28
21	Kasur Darurat Kiri	350.00	36.74	5.055	-2.15	12859.00	1769.25	-752.50
22	Kasur Darurat Kanan	350.00	40.045	5.055	-2.15	14015.75	1769.25	-752.50
23	Peralatan Medis	70.00	37.09	5.30	2.04	2596.37	370.65	142.45
24	Kursi Perawat	10.43	41.61	4.78	3.07	434.07	49.87	31.98
25	Perawat	90.00	41.61	4.78	3.07	3744.63	430.20	275.85
26	Senjata Senapan Serbu 90 unit	342.00	27.33	5.13	0.00	9348.23	1753.09	0.00
27	Peralatan *Deck*	36000.00	27.41	7.66	0.00	986688.00	275616.00	0.00
28	Peralatan *Hovercraft*	355.51	50.51	6.15	-4.77	17956.14	2187.46	-1695.08
29	Peralatan Keselamatan	107.82	50.51	6.15	4.77	5445.77	663.42	514.09
30	Sistem Dalam *Hovercraft*	6000.00	43.64	5.33	0.00	261852.00	31956.00	0.00
31	Berat Peralatan Listrik	622.14	49.81	6.15	1.75	30987.74	3828.05	1088.75
32	Berat Struktur Lambung	24913.97	28.78	6.53	0.00	717073.86	162613.48	0.00
33	Berat Struktur Metal	33435.81	28.78	6.53	0.00	962349.52	218235.54	0.00
34	Berat Bantalan	1260.00	30.62	2.02	0.00	38578.68	2545.20	0.00
35	Berat *Ballast*	36000.00	15.75	4.26	0.00	566892.00	153180.00	0.00
36	*Centrifugal Fan*	39.00	44.81	9.26	0.00	1747.51	361.06	0.00
37	*Engine*	17100.00	52.92	5.80	0.00	904897.80	99180.00	0.00
38	*Propeller Thrust 1*	609.95	55.38	13.82	0.00	33779.42	8431.89	0.00
39	*Propeller Thrust 2*	609.95	55.38	13.82	7.00	33779.42	8431.89	4269.62
40	*Propeller Thrust 3*	609.95	55.38	13.82	-7.00	33779.42	8431.89	-4269.62
41	*Duct 1*	3.86	54.97	13.82	0.00	212.28	53.38	0.00
42	*Duct 2*	3.86	55.97	13.82	7.00	216.14	53.38	27.03
43	*Duct 3*	3.86	56.97	13.82	-7.00	220.00	53.38	-27.03
	ΣW =	258269.82		ΣWX; ΣWY; ΣWZ =		6720668.66	1549134.97	-1273.21

	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	
Center of Gravity (CG) = ΣWX/ΣW ; ΣWY/ΣW ; ΣWZ/ΣW =	26.02	6.00	0.00	m
Center of Lift (CL) =	26.02	-0.13	0.00	m

Sumbu X : Longitudinal
Sumbu Y : Vertical
Sumbu Z : Transversal

dari depan	dari base line	dari tengah

4.13. Analisa Stabilitas *Hovercraft*

Stabilitas memegang peranan penting dalam hal perencanaan keselamatan *hovercraft*. Kemampuan *hovercraft* ini dapat juga diartikan sebagai respon *hovercraft* terhadap kecepatan dan gelombang laut. *Hovercraft* yang kaku akan kembali ke posi0si tegak dalam periode yang sangat cepat. Pada dasarnya stabilitas yang baik yaitu *hovercraft* dengan momen pembalik (*righting moment*) yang cukup untuk membuat *hovercraft* kembali ke posisi tegak ketika mendapat gaya dari luar yang menyebabkan olengan. Karena tinggi gelombang laut yang dapat dilewati oleh *Elite Special Forces Hovercraft* ini hanya sebesar 2,51 meter, maka analisa stabilitas disimulasikan pada perairan yang tenang.

Untuk menjaga stabilitas, maka harus diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas, diantaranya:

a) Nilai MG. Semakin besar nilai dari MG semakin baik kemampun balik pada posisi semula setelah mengalami oleng.
b) Semakin besar lengan momen, semakin besar momen kopel (*righting moment*) yang terjadi. Sehingga memiliki lengan pengembali yang lebih besar.
c) Faktor bentuk dipengaruhi oleh letak titik G (titik berat). Semakin rendah titik berat maka nilai dari MG semakin besar.
d) Faktor berat dipengaruhi oleh letak titik B (titik tekan keatas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian lambung yang ada dalam air). Jadi titik B ini dipengaruhi oleh bentuk lambung di bawah permukaan air, semakin besar nilai *WSA* semakin baik karena merupakan titik tekan keatas yang menyebabkan letak metasentra menjadi lebih tinggi.

Pada studi penelitian ini perhitungan stabilitas menggunakan perhitungan manual berdasarkan formula yang didapatkan dari buku *Theory and Design of Air Cushion Craft* dan paket perhitungan pada *Maxsurf Stability* yang ditinjau pada 3 kondisi yang merepresentasikan kondisi pada saat *hovercraft* berada di perairan. Persyaratan stabilitas mengacu pada *standard requirements* yang telah ditetapkan oleh IMO. Tiga kondisi yang disimulasikan tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi I: Saat tidak beroperasi, yaitu saat *hovercraft* tidak melakukan operasi sehingga *hovercraft* hanya diisi oleh kru
2. Kondisi II: Saat beroperasi, yaitu saat *hovercraft* melakukan operasi sehingga *hovercraft* diisi oleh kru, pasukan

3. Kondisi III: Saat mesin tiba-tiba mati ketika *hovercraft* sedang berada di perairan sehingga bantalan udaranya tidak mengembang. Pada kondisi ini *hovercraft* hanya mengandalkan lambungya untuk dapat terapung, seperti halnya kapal konvensional. Pada kondisi ini hanya menggunakan paket perhitungan *Maxsurf Stability*.

4.13.1. Analisa Stabilitas Berdasarkan Formula

Beberapa aturan sederhana untuk menganalisa stabilitas *hovercraft* :

Static stability
Pitch: $h/L_c > 0.05p_c$ (metres)
Roll: $h/B_c > 0.08p_c$

Dynamic stability
Pitch: $h/L_c > 0.05p_c$
Roll: $h/B_c > 0.08p_c$
Yaw: $h/L_c > 0.02p_c$

(Dari Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft* halaman 137)

Berdasarkan ketentuan-ketentuan di atas, maka dilakukan analisa stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft*, yaitu sebagai berikut:

1. Volume Hovercraft (V)

V = Lc x Bc x Tc ……..(4.66)
= 54 x 34 x 4
= 7344,00 m³

Lc = Panjang total
= 54,00 m
Bc = Lebar total
= 34,00 m
Tc = Tinggi bantalan
= 4,00 m

2. Momen Inersia (I)

I = 1/12 x W x B² ……(4.67)
= 1/12 x 169991,69 x 34²
= 16375865,78 kg m²

I = 1/12 x W x B² …….(4.68)

= 1/12 x 258269,82 x 34²

= 24879993,12 kg m²

W_1 = ΣW Tidak Beroperasi

= 169991,69 kg

W_2 = ΣW Operasi

= 258269,82 kg

3. Titik Lift ke Metasentra (LM)

LM Tidak Beroperasi = I / V ……....(4.69)

= 16375865,78 / 7344

= 2229,83 m

LM Operasi = I / V ……....(4.70)

= 24879993,12 / 7344

= 3387,80 m

4. Titik Gravitasi ke Metasentra (GM)

GM Tidak Beroperasi = LM - LG = LM - (CG_{SumbuY} – $CL_{Sumbu\ Y}$) ……...(4.71)

= 2229,83 - (6,12-(-0,13))

= 2223,57 m

GM Operasi = LM - LG = LM - (CG_{SumbuY} – $CL_{Sumbu\ Y}$) ……...(4.72)

= 3387,80 - (6,00-(-0,13))

= 3381,67 m

5. Kondisi I: Stabilitas Saat Tidak Beroperasi

5.1. Stabilitas Statis

Pitching :

h / Lc > 0,05 x Pc ……....(4.73)

2223,57 / 34,10 > 0,05 x 515,91

65,20 > 25,80

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,05xPc (sesuai ketentuan)

Rolling :

h / Bc > 0,08 x Pc ……..(4.74)

2223,57 / 17,05 > 0,08 x 515,91

130,41 > 41,27

Hasil h/Bc lebih besar dari 0,08xPc (sesuai ketentuan)

5.2. Stabilitas Dinamis

Pitching :

h / Lc > 0,05 x Pc ……(4.75)

2223,57 / 34,10 > 0,05 x 515,91

65,20 > 25,80

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,05xPc (sesuai ketentuan)

Rolling :

h / Bc > 0,08 x Pc ……(4.76)

2223,57 / 17,05 > 0,08 x 515,91

130,41 > 41,27

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,08xPc (sesuai ketentuan)

Yawing :

h / Lc > 0,02 x Pc ……..(4.77)

2223,57 / 34,10 > 0,02 x 515,91

65,20 > 10,32

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,02xPc (sesuai ketentuan)

6. Kondisi II: Stabilitas Saat Beroperasi

6.1. Stabilitas Statis

Pitching :

h / Lc > 0,05 x Pc ……(4.78)

3381,67 / 34,10 > 0,05 x 515,91

99,16 > 25,80

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,05xPc (sesuai ketentuan)

Rolling :

h / Bc > 0,08 x Pc ……....(4.79)

3381,67 /

17,05 > 0,08 x 515,91

198,32 > 41,27

Hasil h/Bc lebih besar dari 0,08xPc (sesuai ketentuan)

6.2. Stabilitas Dinamis

Pitching :

h / Lc > 0,05 x Pc …….(4.80)

3381,67 / 34,10 > 0,05 x 515,91

99,16 > 25,80

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,05xPc (sesuai ketentuan)

Rolling :

h / Bc > 0,08 x Pc …….(4.81)

3381,67 / 17,05 > 0,08 x 515,91

198,32 > 41,27

Hasil h/Bc lebih besar dari 0,08xPc (sesuai ketentuan)

Yawing :

h / Lc > 0,02 x Pc ……...(4.82)

3381,67 / 34,10 > 0,02 x 515,91

99,16 > 10,32

Hasil h/Lc lebih besar dari 0,05xPc (sesuai ketentuan)

Hasil analisa stabilitas di atas menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada semua kondisi dinyatakan memenuhi (*pass*)

aturan sederhana untuk menganalisa stabilitas *hovercraft* berdasarkan formula yang ada di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*.

4.13.2. Analisa Stabilitas Menggunakan *Maxsurf Stability*

a. Kondisi I

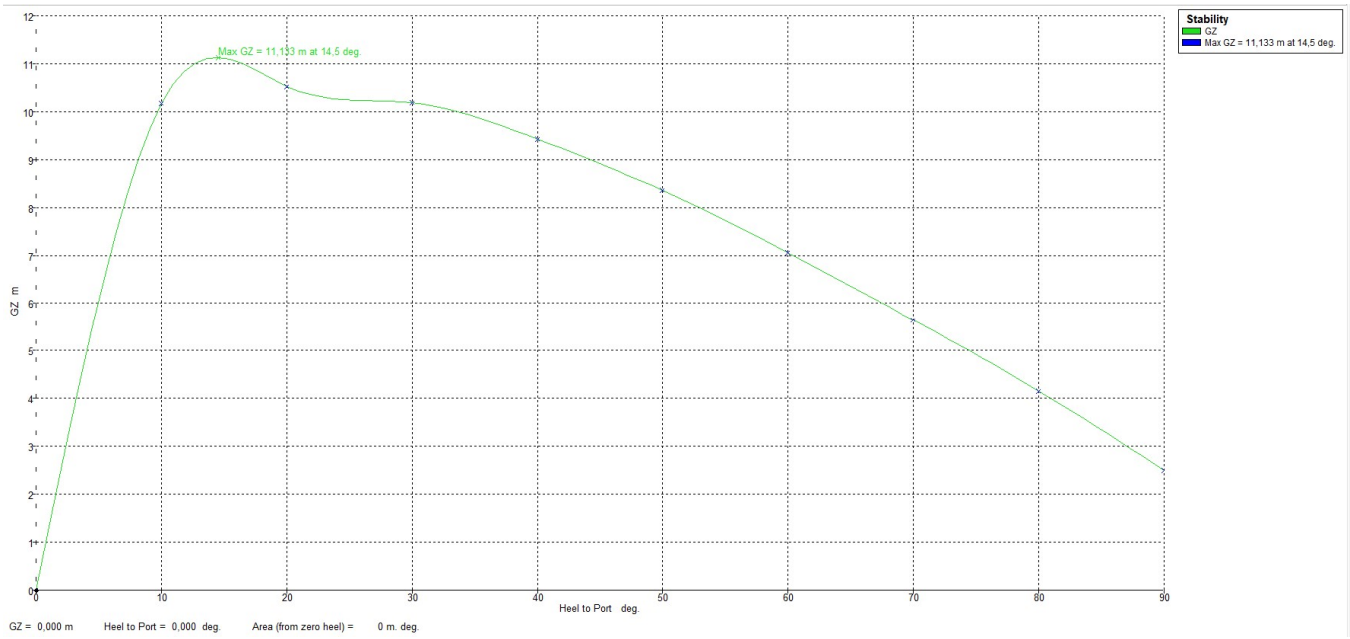
Pada kondisi ini disimulasikan saat *hovercraft* tidak melakukan operasi sehingga *hovercraft* hanya diisi oleh kru. Penjabaran *loadcase* pada kondisi ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 11 *Loadcase* pada Kondisi 1

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	128,993	128,993			-60,702	0,000	0,000	0,000	User Spe
2	Fuel Oil Tank	100%	0,905	0,905	0,958	0,958	6,854	0,000	0,201	0,000	Maximum
3	Kru	1	1,080	1,080			0,050	0,020	0,200	0,000	User Spe
4	Ballast Tank	100%	101,703	101,703	99,222	99,222	36,710	0,000	0,221	0,000	Maximum
5	**Total Loadcase**			**232,681**	**100,181**	**100,181**	**-17,579**	**0,000**	**0,098**	**0,000**	
6	**FS correction**								**0,000**		
7	**VCG fluid**								**0,098**		

Tabel 4. 12 Hasil Analisa Stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi I

	Heel to Port deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
1	GZ m	0,000	10,172	10,527	10,184	9,427	8,359	7,060	5,644	4,156	2,501
2	Area under GZ curv	0,0000	57,274	165,86	268,68	367,33	456,41	533,66	597,23	646,34	679,72
3	Displacement t	232,7	232,7	232,7	232,7	232,7	232,7	232,7	232,7	232,7	232,7
4	Draft at FP m	0,252	-0,905	-2,736	-4,974	-7,827	-11,77	-17,95	-29,79	-64,27	n/a
5	Draft at AP m	0,252	-0,905	-2,736	-4,974	-7,827	-11,77	-17,95	-29,79	-64,27	n/a
6	WL Length m	47,595	53,987	55,301	56,317	57,178	57,989	58,944	59,057	59,070	59,070
7	Beam max extents	25,230	12,373	11,938	11,274	10,402	9,373	8,289	7,369	5,460	4,998
8	Wetted Area m^2	1217,8	432,77	352,87	326,41	317,76	319,81	333,05	365,20	371,70	372,90
9	Waterpl. Area m^2	1199,8	373,58	275,31	238,95	225,55	227,00	243,81	284,68	279,84	275,59
10	Prismatic coeff. (Cp	0,757	0,854	0,870	0,874	0,877	0,879	0,879	0,895	0,914	0,933
11	Block coeff. (Cb)	0,757	0,262	0,197	0,179	0,181	0,199	0,239	0,314	0,558	0,933
12	LCB from zero pt. (	25,017	25,813	26,099	26,317	26,518	26,727	26,969	27,283	27,634	27,964
13	LCF from zero pt. (	25,058	26,167	26,534	26,820	27,082	27,347	27,651	27,942	27,964	27,964
14	Max deck inclinatio	0,0000	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
15	Trim angle (+ve by	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-1,#IN



Gambar 4. 26 Grafik *Righting Moment* (GZ) *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi I

Pada *loadcase 1* diasumsikan muatan dengan kondisi kapal kosong (tidak melakukan operasi) dan hanya diisi oleh kru. Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0 º sampai 30º adalah sebesar 268,68 m.deg, nilai luasan pada sudut 0º sampai 40º adalah 367,33 m.deg, nilai luasan pada sudut 30 º sampai 40º adalah 98,65 m.deg, nilai maximum GZ adalah 11,133 m, dan sudut pada GZ maximum adalah sebesar 14,5º. Nilai-

nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada standar kriteria IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.1. , IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.2., IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.3. dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai.

b. Kondisi II

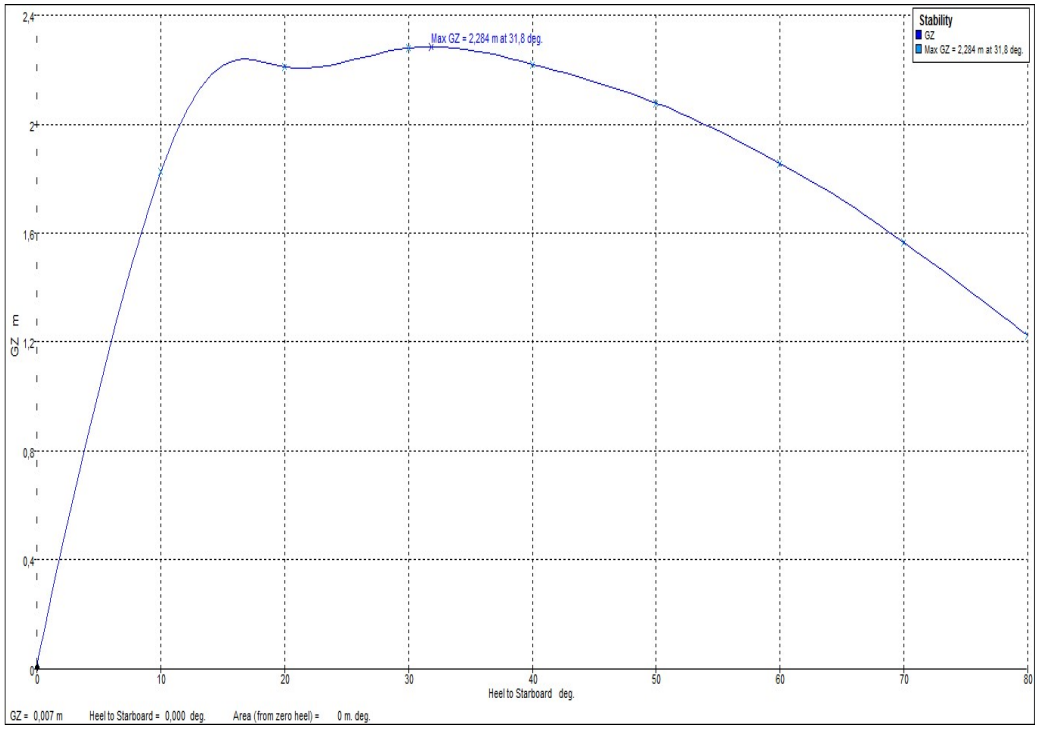
Pada kondisi ini disimulasikan saat *hovercraft* melakukan operasi sehingga *hovercraft* diisi oleh kru, pasukan, dan tank. Penjabaran *loadcase* pada kondisi ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 13 *Loadcase* pada Kondisi II

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	128,993	128,993			-60,702	0,000	0,000	0,000	User Spe
2	Ruang Pannzer, Anoa	1	79,200	79,200			15,339	13,311	2,630	0,000	User Spe
3	Bangku dan Pasukan	1	16,362	16,362			4,087	3,500	1,201	0,000	User Spe
4	Fuel Oil Tank	100%	0,905	0,905	0,958	0,958	6,854	0,000	0,201	0,000	Maximum
5	Kru	1	1,080	1,080			0,050	0,020	0,200	0,000	User Spe
6	Cadangan	1	20,000	20,000			4,000	4,000	1,200	0,000	User Spe
7	Ballast Tank	100%	101,703	101,703	99,222	99,222	36,710	0,000	0,221	0,000	Maximum
8	**Total Loadcase**			**348,243**	**100,181**	**100,181**	**-7,836**	**3,422**	**0,789**	**0,000**	
9	**FS correction**								**0,000**		
10	**VCG fluid**								**0,789**		

Tabel 4. 14 Hasil Analisa Stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi II

	Heel to Port deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
1	GZ m	3,422	12,936	13,222	12,647	11,561	10,092	8,344	6,386	4,175	1,810
2	Area under GZ curv	0,0000	87,785	223,46	352,28	473,96	582,42	674,81	748,65	801,64	831,64
3	Displacement t	348,2	348,3	348,3	348,3	348,2	348,3	348,3	348,2	348,2	348,2
4	Draft at FP m	0,343	-0,630	-2,345	-4,486	-7,242	-11,08	-17,12	-28,67	-61,95	n/a
5	Draft at AP m	0,343	-0,630	-2,345	-4,486	-7,242	-11,08	-17,12	-28,67	-61,95	n/a
6	WL Length m	50,315	54,661	56,185	57,248	58,113	58,971	59,044	59,070	59,070	59,070
7	Beam max extents	25,230	12,421	12,072	11,519	10,778	9,904	9,007	7,377	5,389	4,998
8	Wetted Area m^2	1295,2	532,37	434,48	402,16	391,63	394,30	410,07	418,76	420,03	421,23
9	Waterpl. Area m^2	1268,2	459,55	338,98	294,40	277,98	279,87	299,90	293,28	279,84	275,59
10	Prismatic coeff. (Cp	0,785	0,864	0,874	0,877	0,879	0,880	0,893	0,907	0,920	0,933
11	Block coeff. (Cb)	0,785	0,319	0,238	0,213	0,212	0,229	0,270	0,381	0,641	0,933
12	LCB from zero pt. (	25,088	25,966	26,288	26,535	26,759	26,989	27,245	27,509	27,743	27,964
13	LCF from zero pt. (	25,376	26,359	26,781	27,103	27,388	27,675	27,914	27,964	27,964	27,964
14	Max deck inclinatio	0,0000	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
15	Trim angle (+ve by	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-1,#IN



Gambar 4. 27 Grafik *Righting Moment* (GZ) *Elite Special Force Hovercraft* pada Kondisi II

Pada *loadcase 2* diasumsikan muatan dengan kondisi kapal *consumable* 100% (melakukan operasi), *air cushion* diisi udara dengan sistem *lifter*, dan terdapat kru, pasukan elit khusus, tank, dan anoa. Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0 º sampai 30º adalah sebesar 352,28 m.deg, nilai luasan pada sudut 0º sampai 40º adalah 473,96 m.deg, nilai luasan pada sudut 30 º sampai 40º adalah 121,67 m.deg, nilai maximum GZ adalah 2,284 m, dan sudut pada GZ maximum adalah sebesar 31,8º. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada standar kriteria IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.1. , IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.2., IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.3. dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai.

c. Kondisi III

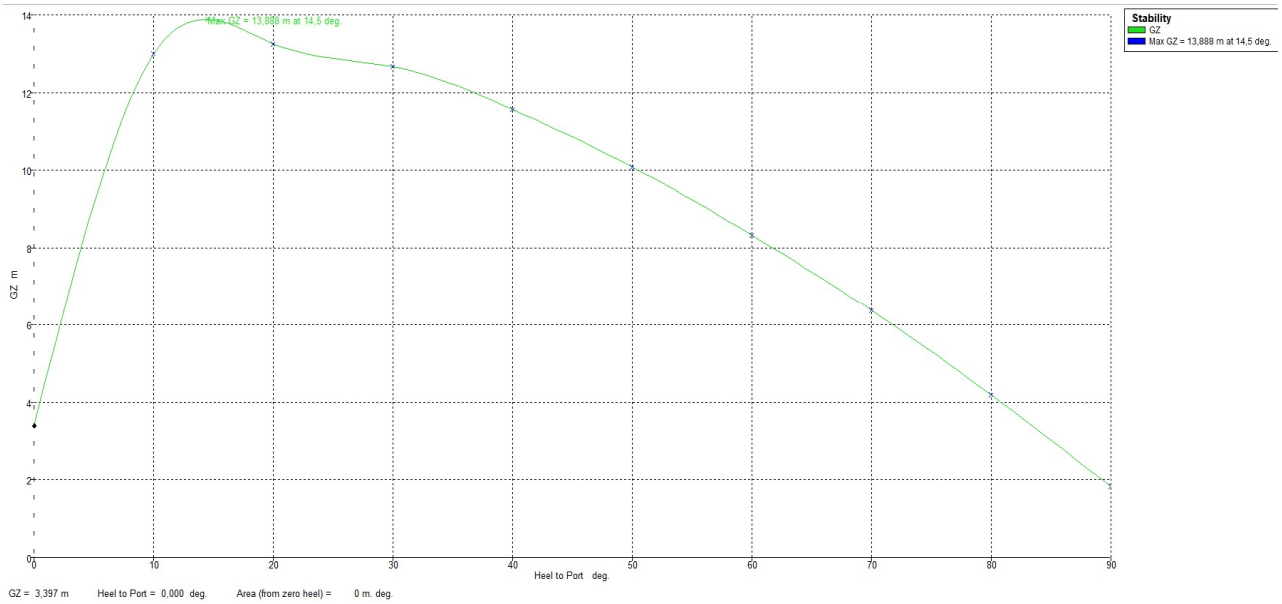
Pada kondisi ini disimulasikan saat mesin tiba-tiba mati saat *hovercraft* sedang berada di perairan sehingga bantalan udaranya tidak mengembang. Pada kondisi ini *hovercraft* hanya mengandalkan lambungya untuk dapat terapung, seperti halnya kapal konvensional. Penjabaran *loadcase* pada kondisi ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Loadcase pada Kondisi III

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	128,993	128,993			-60,702	0,000	0,000	0,000
2	Ruang Pannzer, Anoa	1	79,200	79,200			15,339	13,311	2,630	0,000
3	Bangku dan Pasukan	1	16,362	16,362			4,087	3,500	1,201	0,000
4	Fuel Oil Tank	**100%**	0,905	0,905	0,958	0,958	6,854	0,000	0,201	0,000
5	Ballast Tank	**100%**	101,703	101,703	99,222	99,222	36,710	0,000	0,221	0,000
6	**Total Loadcase**			**327,163**	**100,181**	**100,181**	**-8,585**	**3,397**	**0,766**	**0,000**
7	**FS correction**								**0,000**	
8	**VCG fluid**								**0,766**	

Tabel 4. 16 Hasil Analisa Stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi III

	Heel to Port deg	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
1	GZ m	3,397	12,998	13,255	12,664	11,565	10,084	8,324	6,374	4,182	1,834
2	Area under GZ curv	0,0000	88,052	224,25	353,29	475,07	583,52	675,75	749,41	802,38	832,52
3	Displacement t	327,2	327,2	327,2	327,2	327,2	327,2	327,2	327,2	327,2	327,2
4	Draft at FP m	0,326	-0,676	-2,411	-4,568	-7,340	-11,19	-17,26	-28,87	-62,37	n/a
5	Draft at AP m	0,326	-0,676	-2,411	-4,568	-7,340	-11,19	-17,26	-28,87	-62,37	n/a
6	WL Length m	49,905	54,547	56,047	57,101	57,965	58,853	59,031	59,070	59,070	59,070
7	Beam max extents	25,230	12,413	12,049	11,478	10,715	9,814	8,886	7,403	5,401	4,998
8	Wetted Area m^2	1283,6	515,56	420,69	389,36	379,15	381,69	397,15	409,94	411,22	412,42
9	Waterpl. Area m^2	1257,9	445,04	328,22	285,03	269,12	270,93	290,53	293,28	279,84	275,59
10	Prismatic coeff. (Cp	0,781	0,863	0,873	0,877	0,879	0,879	0,891	0,905	0,920	0,933
11	Block coeff. (Cb)	0,781	0,310	0,231	0,207	0,207	0,224	0,265	0,369	0,629	0,933
12	LCB from zero pt. (	25,090	25,941	26,258	26,500	26,721	26,947	27,203	27,479	27,729	27,964
13	LCF from zero pt. (	25,322	26,328	26,740	27,057	27,339	27,623	27,883	27,964	27,964	27,964
14	Max deck inclinatio	0,0000	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
15	Trim angle (+ve by	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-1,#IN



Gambar 4. 28 Grafik *Righting Moment* (GZ) *Elite Special Forces Hovercraft* pada Kondisi III

Pada *loadcase 3* diasumsikan muatan dengan kondisi kapal *consumable* 100% (melakukan operasi), *air cushion* tidak diisi udara dengan sistem *lifter*, dan terdapat kru, pasukan elit khusus, tank, dan anoa. Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0 º sampai 30º adalah sebesar 352,29 m.deg, nilai luasan pada sudut 0º sampai 40º adalah 475,07 m.deg, nilai luasan pada sudut 30 º sampai 40º adalah 121,78 m.deg, nilai maximum GZ adalah 13,88 m, dan sudut pada GZ maximum adalah sebesar 14,5º. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada standar kriteria

IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.1. , IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.2., IMO Section A.749(18) Ch 3.1.2.3. dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai.

4.13.3. Pengecekan Perhitungan Stabilitas Menggunakan *Software Maxsurf Stability* pada 3 (Tiga) Kondisi Berdasarkan Standar Kriteria IMO

Salah satu otoritas di bidang maritim yang telah diakui adalah *International Maritime Organisation* (*IMO*). Standar stabilitas yang ditetapkan IMO adalah mengenai lengan stabilitas (GZ). Berikut ini adalah kriteria IMO yang digunakan:

1. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :*
   a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0º– 30º (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.
   b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0º– 40º (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
   c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30º– 40º (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 :* nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30º– 180º (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
3. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 :* sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25º (deg)

Tabel 4.27 di bawah ini merupakan tabulasi dari hasil perhitungan stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi I sampai dengan kondisi III dengan standar kriteria IMO.

Tabel 4.27 Hasil Analisa Stabilitas Pada Setiap Kondisi Standar IMO

No	*Rule*	*Criteria*	*Required*	Kondisi		
				I	II	III
1	*IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.1*	*Area 0º to 30º*	3,15 m.deg	268,68	352,28	353,29
2	*IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.1*	*Area 0º to 40º. or Downflooding point*	5,16 m.deg	367,33	473,96	475,07
3	*IMO.A.749(18) Chapter 3.1.2.1*	*Area 30º to 40º. or Downflooding point*	1,719 m.deg	98,65	121,67	121,78
4	*IMO.A.749(18) Chhapter 3.1.2.2*	*GZ at 30º. or greater*	0,2 m	10,18	12,64	12,66

Analisa kriteria pada Tabel 4.27 menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas *Elite Special Forces Hovercraft* pada semua kondisi dinyatakan memenuhi (*pass*) standar persyaratan yang ditetapkan IMO. Aturan IMO pada poin 1, 2 dan 3 menyebutkan bahwa nilai luasan di bawah kurva GZ pada spesifikasi sudut oleng yang telah ditentukan atau diasumsikan sebagai titik tenggelam (*downflooding point*) harus tidak boleh kurang dari standar yang ditetapkan IMO.

Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai luasan di bawah kurva GZ pada poin 1, 2, dan 3 untuk *Elite Special Forces Hovercraft* pada semua kondisi masih diatas nilai standar IMO. Artinya pada sudut yang diasumsikan sebagai titik tenggelam (*downflooding point*) yaitu antara 0-30 derajat, 0-40 derajat dan 30-40 derajat, *Elite Special Forces Hovercraft* masih dalam kondisi yang stabil karena mempunyai momen pembalik (*righting moment*) yang besar.

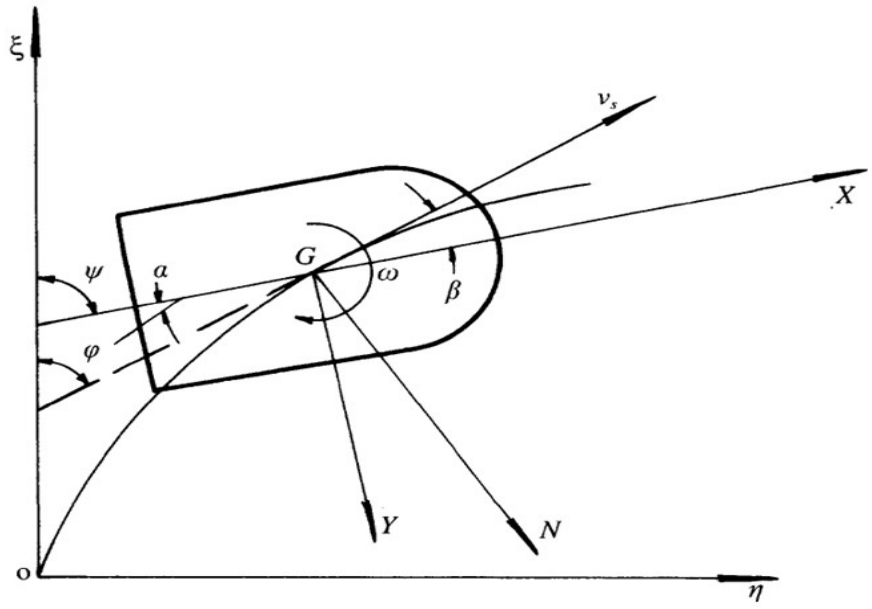
Aturan IMO pada poin 4 dan 5 menyebutkan bahwa jarak dan sudut oleng minimum pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang dari 0,2 m dan 25 derajat. Dari hasil perhitungan pada semua kondisi menyatakan bahwa nilai GZ *Elite Special Forces Hovercraft* masih berada di atas standar persyaratan yang ditetapkan IMO.

4.14. Analisa Manuver *Hovercraft*

Analisa manuver yang akan dibahas ialah kemampuan *Elite Special Forces Hovercraft* untuk mengubah arah dengan cara yang terkontrol dan kemampuan *Elite Special Forces Hovercraft* dalam melakukan manuver pada beberapa kondisi kecepatan. Beberapa karakteristik manuver *hovercraft* yaitu sebagai berikut :

a. Selama memutar *hovercraft* perlu mempertahankan sikap *yaw*, yaitu menuju ke titik poros atau ke arah angin untuk tetap pada lintasan yang dituju. Hal ini karena kontak *hovercraft* dengan permukaan air sangat kecil sehingga hambatan pada *hovercraft* sangat kecil.
b. Manuver dari *hovercraft* berbeda dengan kendaraan beroda. Kendaraan beroda memiliki gesekan terhadap tanah dan gaya sentripetal yang bekerja pada CG dalam kasus permukaan tanahnya miring. Hal ini menghentikan kendaraan beroda tergelincir ke samping. Dalam kasus ini *hovercraft* berbanding terbalik dengan kendaraan beroda. *Hovercraft* akan tergelincir jauh kecuali ada tindakan khusus yang dilakukan oleh pengemudi. *Hovercraft* dapat dilengkapi dengan *skirt lift* atau *skirt shifting system* yang memindahkan tekanan relatif pada pusat bantal terhadap CG untuk menggulung hovercraft.
c. Manuver *hovercraft* juga berbeda dengan pesawat terbang. Saat dalam penerbangan, pilot dapat menggunakan *rudder* dan elevator sayap untuk membelokan pesawat dan membuat gaya sentripetal untuk mengurangi diameter berputar dan jarak tergelincir. Selain itu, pesawat tidak memiliki batasan ruang pada manuvernya. Sebuah *hovercraft* di sisi lain mungkin diperlukan untuk melakukan perjalanan di lintasan yang terbatas untuk melakukan manuver, seperti di sungai yang sempit, kanal, di bawah bentang jembatan, atau mendarat di dermaga yang tertutup.

Dalam rangka menjaga stabilitas *hovercraft*, nilai manuver saat *surging, yawing, swaying*, dan *rolling* harus negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). (L.Yun dan A.Bliault, 2000)



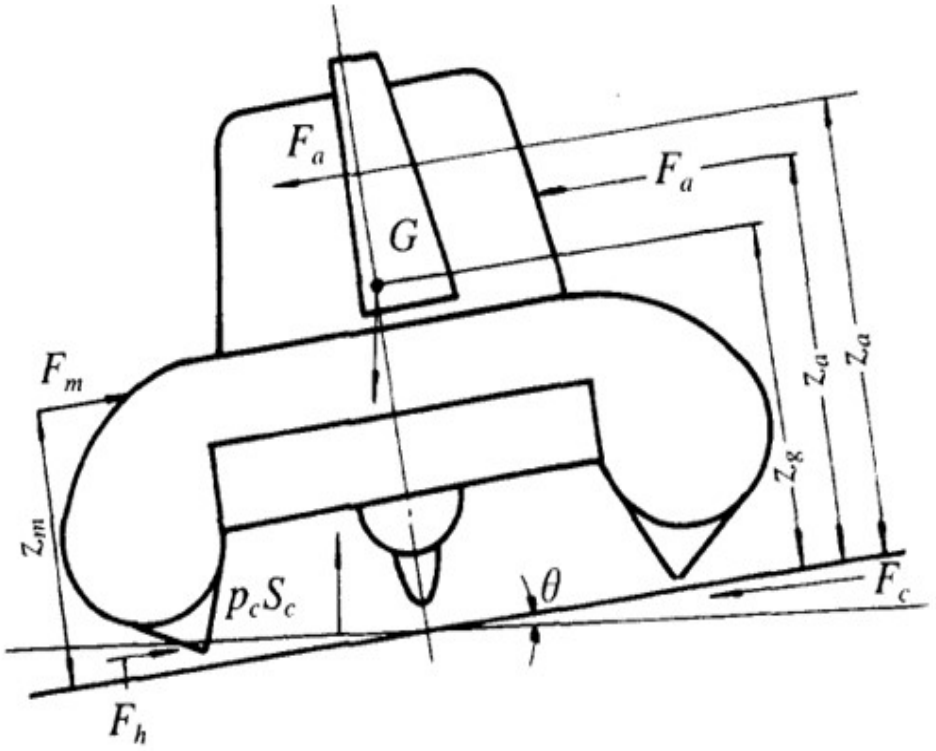
Gambar 4. 29 Operasi Lintasan *Hovercraft* dalam Melakukan Maneuver
(L.Yun dan A.Bliault, 2000)

V = *linear velocity of craft on CG*

β = *yawing angle of track of CG of craft (i.e. the angle between the X axis and velocity vector of craft motion)*

ω = *yawing angular velocity of craft at CG*

ψ = *angle between the 0ξ axis and velocity vector of the craft at CG*



Gambar 4. 30 Gaya yang Bekerja pada Sebuah *Hovercraft* saat Berbelok
(L.Yun dan A.Bliault, 2000)

Ψ = *course direction of the craft*

a = *rudder angle*

R = *turning radius*

m = *craft mass*

W = *craft weight*

θ = *heeling angle of craft*

F_a = *force acting on rudder*

Z_g = *VCG*

Z_a = *arm of force exerting on rudder (distance from ground to the centre of force acting on rudder)*

Fs = *resistance due to air cushion and skirt*

Fc = *jetted thrust due to air leakage from cushion during turning manoeuvre*

Fm = *air momentum force*

Z_m = *distance from ground to the centre of air momentum force*

Fa = *aerodynamic profile drag*

X_a = *distance from ground to the centre of aerodynamic profile drag*

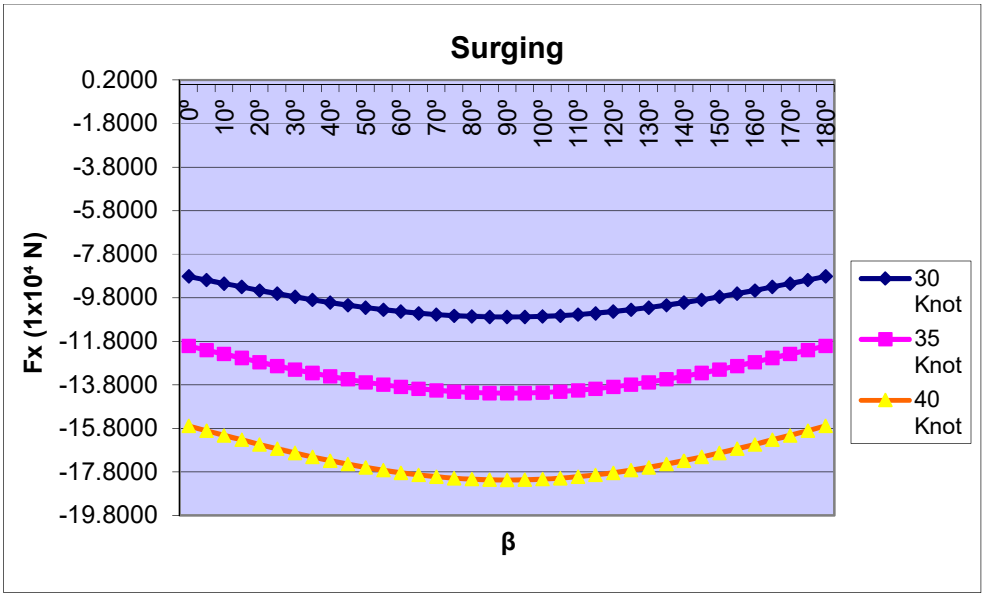
Pada studi penelitian ini, analisa manuver *Elite Special Forces Hovercraft* menggunakan formula yang ada di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft* yang ditinjau pada beberapa variasi sudut manuver yang merepresentasikan gerakan pada saat *hovercraft* beroperasi. Dalam menganalisa manuver *Elite Special Forces Hovercraft*, dibuat beberapa variasi kondisi, yaitu saat *hovercraft* hanya diisi oleh kru (Kondisi I) dan saat *hovercraft* diisi oleh kru dan penumpang (Kondisi II). Analisa dengan 2 variasi kondisi tersebut hanya dilakukan pada analisa *Rolling* karena formula analisa *Surging*, *Yawing*, dan *Swaying* tidak memperhitungkan variabel kondisi muatan.

Analisa manuver *Elite Special Forces Hovercraft* berdasarkan formula yang ada di Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu sebagai berikut:

1. Persamaan Gerak saat Manuver

1.1. *Surging*

$$Fx = (0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca) - (0{,}5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch)$$
$$- (\rho a \times Vs \times Q \times \sin \beta) + Fxp \quad \text{.....(4.83)}$$



Gambar 4. 31 Grafik *Surging Elite Special Forces Hovercraft*

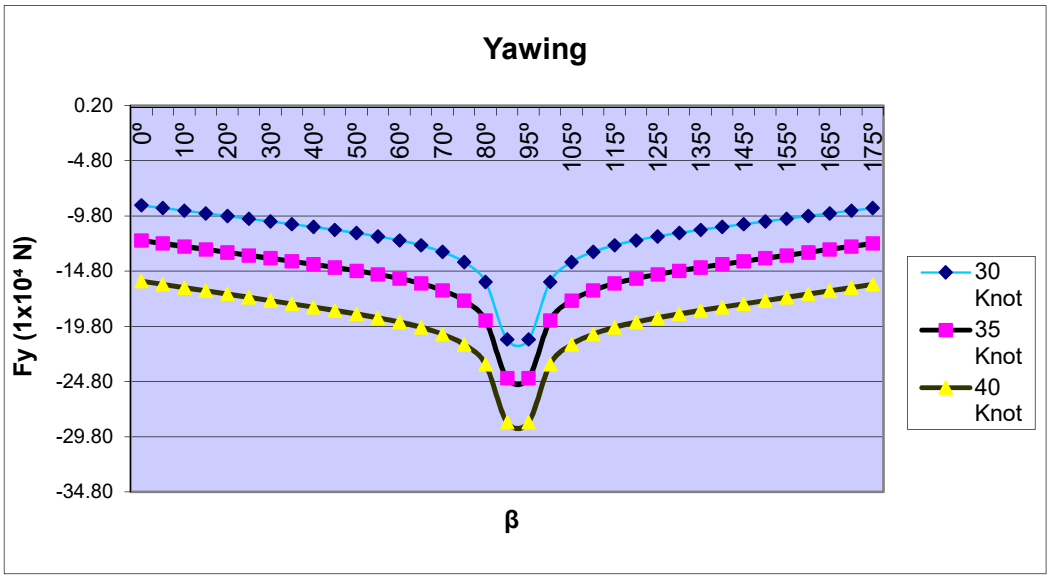
Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat *surging* seperti terlihat pada Gambar 4.29 di atas, manuver *Elite Special Forces Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di *buku Theory and Design*

of Air Cushion Craft, yaitu memilki nilai negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). (L.Yun dan A.Bliault, 2000)

Grafik pada Gambar 4.29di atas menunjukan nilai terbesar terjadi saat *Elite Special Forces Hovercraft* melakukan manuver sebesar 90º. Hal ini terjadi karena pada saat melakukan manuver sebesar 90º faktor sudut yang terbentuk merupakan yang paling besar. Hal tersebut berbanding lurus dengan formula yang digunakan yaitu terdapat variabel Sin (90º memiliki nilai Sin terbesar). Selain itu, faktor kecepatan juga berpengaruh. Semakin besar nilai kecepatannya maka nilai pemulihnya pun semakin besar. Tabel perhitungan terlampir.

1.2. *Yawing*

$$Fy = (0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca) - (0{,}5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch) - (\rho a \times Vs \times Q \times \text{Sin } \beta) - (2 \times Lc \times Pc \times \varphi\ (0{,}5 \times Bc \times \text{Tan } \theta + h_0) \quad \text{.....(4.84)}$$



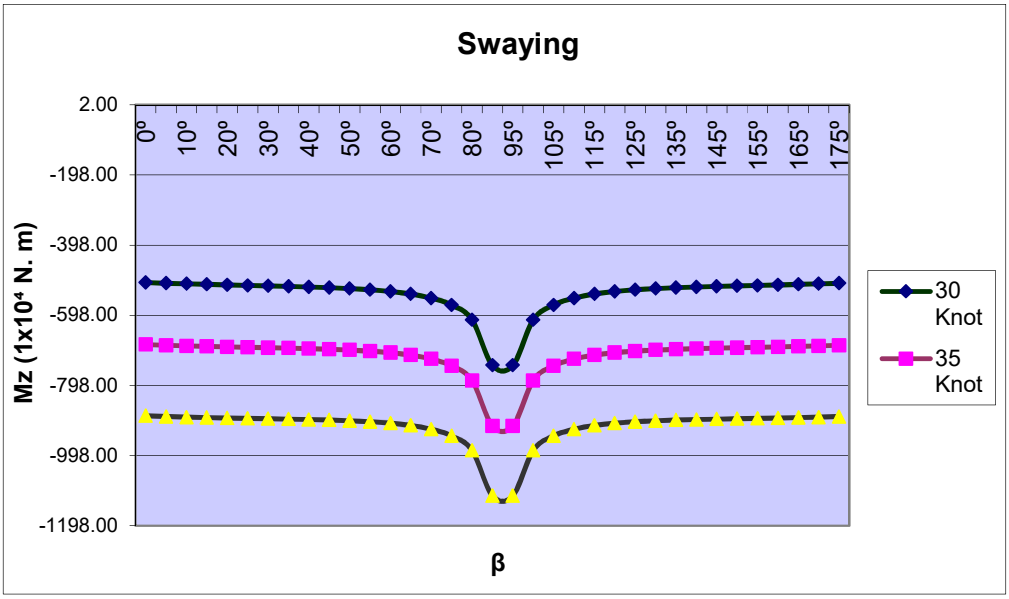
Gambar 4. 32 Grafik *Yawing Elite Special Forces Hovercraft*

Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat *yawing* seperti terlihat pada Gambar 4.30 di atas, manuver *Elite Special Forces Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di *buku Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu memilki nilai negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). (L.Yun dan A.Bliault, 2000)

Grafik pada Gambar 4.37 di atas menunjukan nilai terbesar terjadi saat *Elite Special Forces Hovercraft* melakukan manuver sebesar 85° dan 95°. Hal ini terjadi karena pada saat melakukan manuver sebesar 85° dan 95° faktor sudut yang terbentuk merupakan yang paling besar. Hal tersebut berbanding lurus dengan formula yang digunakan yaitu terdapat variabel Tan dan Sin (85° dan 95° memiliki nilai Tan dan Sin terbesar). Selain itu, faktor kecepatan juga berpengaruh. Semakin besar nilai kecepatannya maka nilai pemulihnya pun semakin besar. Manuver pada saat 90° dan 180° tidak dihitung karena nilai Tan 90° dan 180° tidak dapat didefinisikan. Tabel perhitungan terlampir.

1.3. *Swaying*

$$Mz = (0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca \times La) - (0{,}5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch \times Lc) - (\rho a \times Vs \times Q \times \cos \beta \times Lgm) - (2 \times Lc \times Pc \times \varphi (0{,}5 \times Pc \times \tan \theta + h_0) \times Lgc) \quad \text{.....(4.85)}$$



Gambar 4. 33 Grafik *Swaying Elite Special Forces Hovercraft*

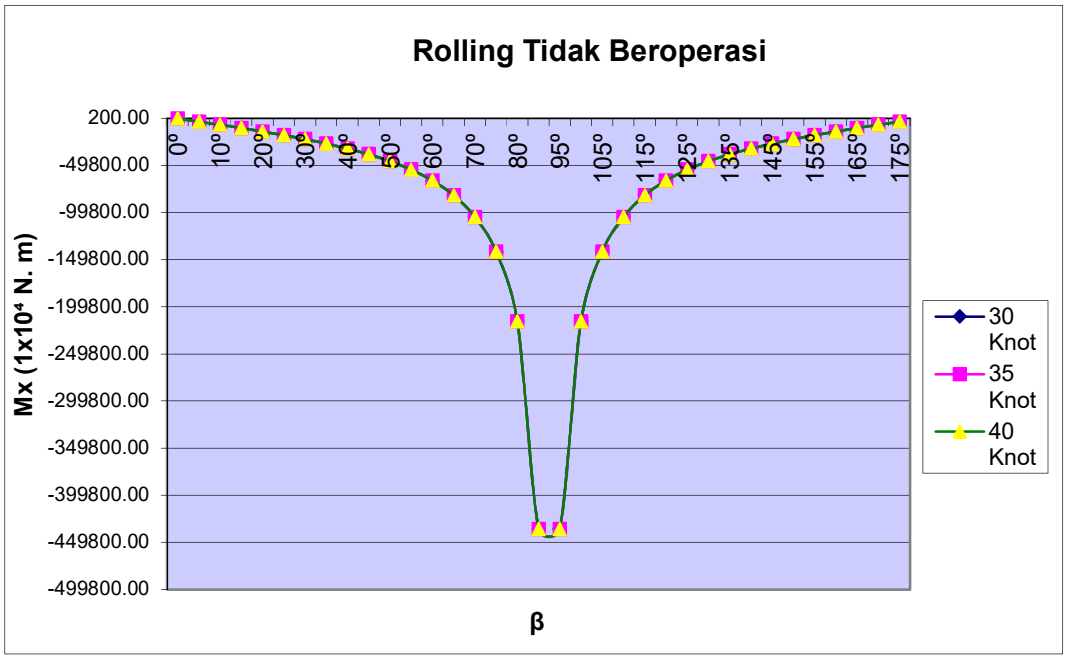
Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat *syawing* seperti terlihat pada Gambar 4.31 di atas, manuver *Elite Special Forces Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di *buku Theory and Design*

of Air Cushion Craft, yaitu memilki nilai negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). (L.Yun dan A.Bliault, 2000)

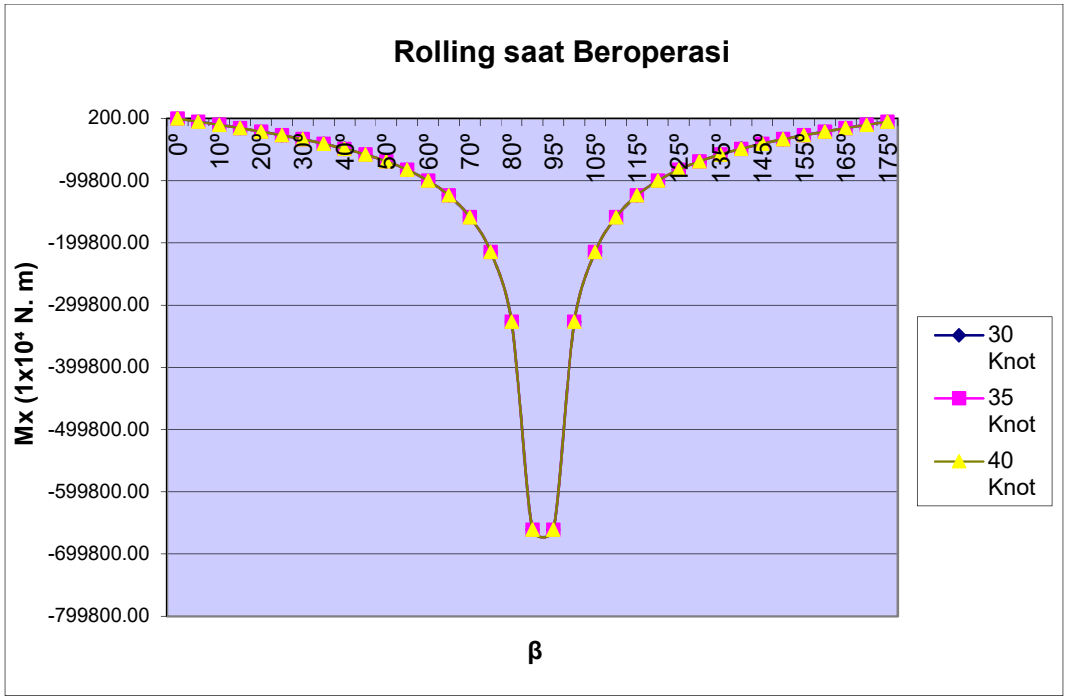
Grafik pada Gambar 4.31 di atas menunjukan nilai terbesar terjadi saat *Elite Special Forces Hovercraft* melakukan manuver sebesar 85° dan 95°. Hal ini terjadi karena pada saat melakukan manuver sebesar 85° dan 95° faktor sudut yang terbentuk merupakan yang paling besar. Hal tersebut berbanding lurus dengan formula yang digunakan yaitu terdapat variabel Tan (85° dan 95° memiliki nilai Tan terbesar). Selain itu, faktor kecepatan juga berpengaruh. Semakin besar nilai kecepatannya maka nilai pemulihnya pun semakin besar. Manuver pada saat 90° dan 180° tidak dihitung karena nilai Tan 90° dan 180° tidak dapat didefinisikan. Tabel perhitungan terlampir.

1.4. *Rolling*

$Mx = (0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca \times Za) - (0{,}5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch \times Zg) - (\rho a \times Vs \times Q \times \sin \beta \times (Zm - Zg)) - (2 \times Lc \times Pc \times \varphi (0{,}5 \times Pc \times \tan \theta + h_0) \times Zg) - (W \times h \times \tan \theta)$ .....(4.86)



Gambar 4. 34 Grafik *Rolling ESFH* saat tidak berpoperasi



Gambar 4. 35 Grafik *Rolling ESFH* saat beroperasi

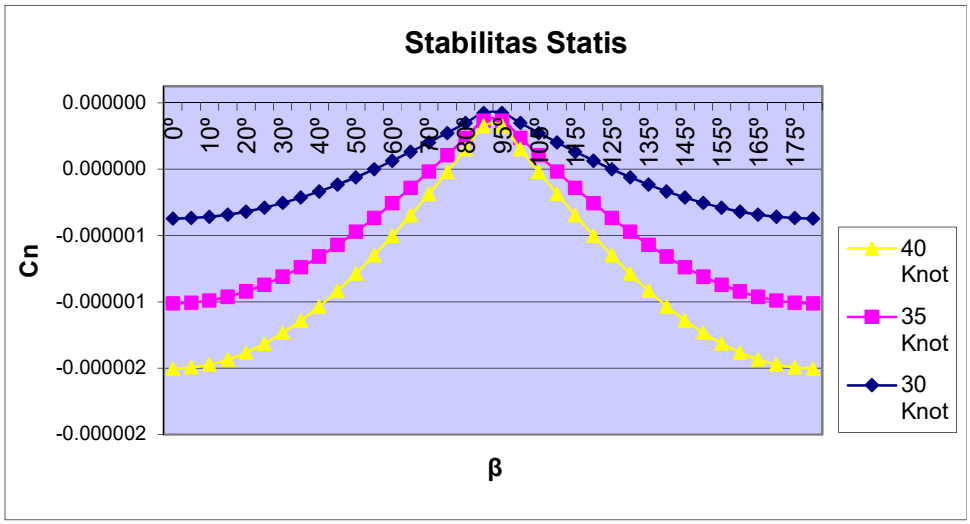
Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat *rolling* seperti terlihat pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 di atas, manuver *Elite Special Forces Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di *buku Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu memilki nilai negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). (L.Yun dan A.Bliault, 2000)

Grafik pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 di atas menunjukan nilai terbesar terjadi saat *Elite Special Forces Hovercraft* melakukan manuver sebesar 85° dan 95°. Hal ini terjadi karena pada saat melakukan manuver sebesar 85° dan 95° faktor sudut yang terbentuk merupakan yang paling besar. Hal tersebut berbanding lurus dengan formula yang digunakan yaitu terdapat variabel Tan dan Sin (85° dan 95° memiliki nilai Tan dan Sin terbesar). Selain itu, faktor kecepatan dan berat *hovercraft* juga berpengaruh. Semakin besar nilai kecepatan dan beratnya maka nilai pemulihnya pun semakin besar. Manuver pada saat 90° dan 180° tidak dihitung karena nilai Tan 90° dan 180° tidak dapat didefinisikan. Tabel perhitungan terlampir.

2. Manuver pada Stabilitas Statis

C βz = 1 / [0,5 x ρa x Vs² x Sa x la] (∂Mz/∂β)β .....(4.87)

= 1 / [0,5 x ρa x Vs² x Sa x la] (-1/Cos β) C βz = C β mza < 0



Gambar 4. 36 Grafik Manuver *ESFH* saat Stabilitas Statis

Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat stabilitas statis seperti terlihat pada Gambar 4.34 di atas, manuver *Elite Special Forces Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di *buku Theory and Design of Air Cushion Craft*, yaitu memilki nilai negatif untuk menghasilkan momen pemulih (*righting moment*). C βz = C β mza < 0. C βz = Cn .Cn merupakan koefisien stabilitas statis. (L.Yun dan A.Bliault, 2000)

Grafik pada Gambar 4.34 di atas menunjukan nilai koefisien terbesar terjadi saat *Elite Special Forces Hovercraft* bergerak lurus (sudut manuver 0° dan 180°). Hal ini terjadi karena pada saat melakukan manuver sebesar 0° dan 180° ° faktor sudut yang terbentuk merupakan yang paling besar. Hal tersebut berbanding lurus dengan formula yang digunakan yaitu terdapat variabel Cos (0° dan 180° memiliki nilai Cos terbesar). Selain itu, faktor kecepatan *hovercraft* juga berpengaruh. Semakin besar nilai kecepatan maka nilai koefisiennya pun semakin besar. Manuver pada saat 90° tidak dihitung karena nilai Cos 90° sama dengan nol sehingga hasil dari formula di atas tidak dapat didefinisikan. Tabel perhitungan terlampir.

3. Manuver pada Stabilitas Dinamis

C β mz = 1 / [0,5 x ρa x Vs² x Sa x la] (∂Mz/∂β)β .....(4.88)

= 1 / [0,5 x ρa x Vs² x Sa x la] (-1/Cos β)

C βy = 1 / [0,5 x ρa x Vs² x Sa] (∂My/∂β)β .....(4.89)

= 1 / [0,5 x ρa x Vs² x Sa] (-1/Sin β)

C ωz mz = 1 / [0,5 x ρa x ω² x Sa x la] (∂Mz/∂β)β .....(4.90)

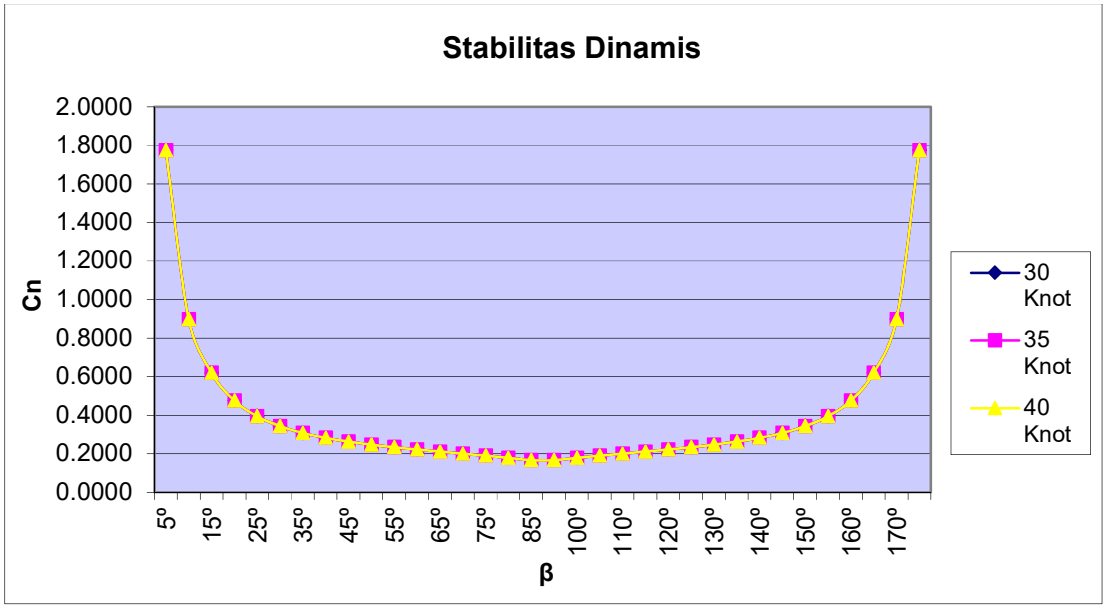
= 1 / [0,5 x ρa x ω² x Sa x la] (-1/Cos β)

C ωz y = 1 / [0,5 x ρa x ω² x Sa] (∂My/∂β)β .....(4.91)

= 1 / [0,5 x ρa x ω² x Sa] (Tan β)

Koreksi manuver saat stabilitas dinamis:

(C βmz/C βy) - (C ωzmz/C ω y) > 0 .....(4.92)



Gambar 4. 37 Grafik Manuver *ESFH* saat Stabilitas Dinamis

Berdasarkan hasil analisa manuver pada saat stabilitas dinamis seperti terlihat pada Gambar 4.35 di atas, manuver *Elite Special Forces Hovercraft* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan menurut formula yang ada di *buku Theory and Design*

of Air Cushion Craft, yaitu (C βmz/C βy) - (C ωzmz/C ω y) > 0. C βmz = Cn. Cn merupakan koefisien saat *yawing*.

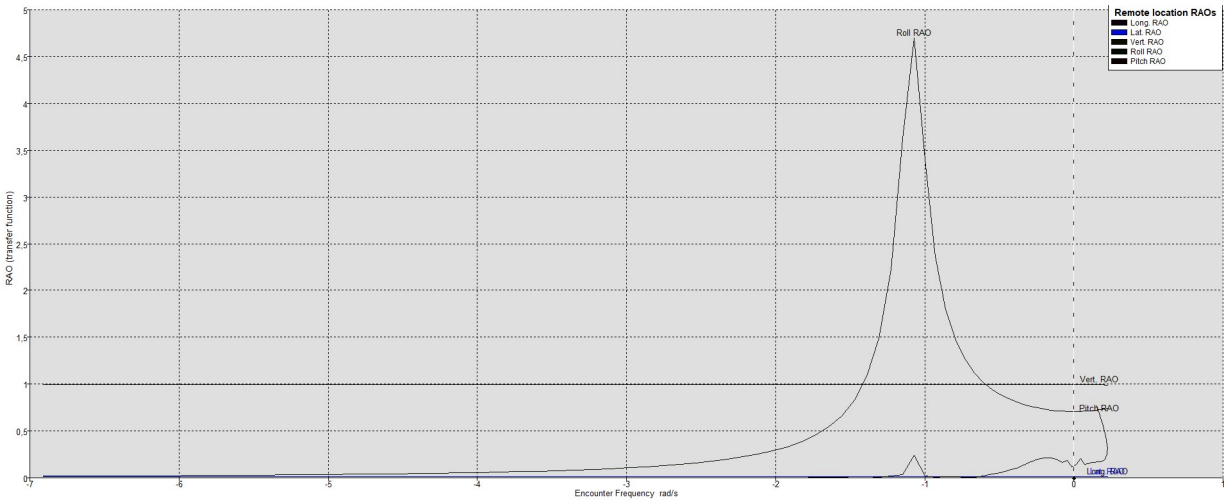
Grafik pada Gambar 4.35 di atas menunjukan nilai koefisien terbesar terjadi saat *Elite Special Forces Hovercraft* saat melakukan manuver sebesar 5^{o} dan 175^{o}. Hal ini terjadi karena pada saat melakukan manuver sebesar 5^{o} dan 175^{o} ^{o} faktor sudut yang terbentuk merupakan yang paling besar. Selain itu, faktor kecepatan *hovercraft* juga berpengaruh. Semakin besar nilai kecepatan maka nilai koefisiennya pun semakin besar. Manuver pada saat 90^{o} dan 0^{o} tidak dihitung karena nilai Cos 90^{o} dan Sin 0^{o} sama dengan nol serta nilai Tan 90^{o} dan 180^{o} tidak dapat didefinisikan sehingga hasil dari formula di atas pun tidak dapat didefinisikan. Tabel perhitungan terlampir.

4.15. Analisa *Seakeeping Hovercraft*

Hasil atau output dari analisis seakeeping ini terdiri dari Response Amplitude Operator (RAO), dan kriteria batasan gerakan *heave*, *yaw*,dan *roll* untuk kapal *Elite Special Forces Hovercraft* pada gelombang irregular. Dari hasil nilai-nilai *seakeeping* tersebut akan diketahui apakah model *Elite Special Forces Hovercraft* memenuhi kriteria atau tidak. Analisa *Seakeeping* ini dihitung menggunakan bantuan *software Maxsurf Motion*

4.15.1. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 45^{o}

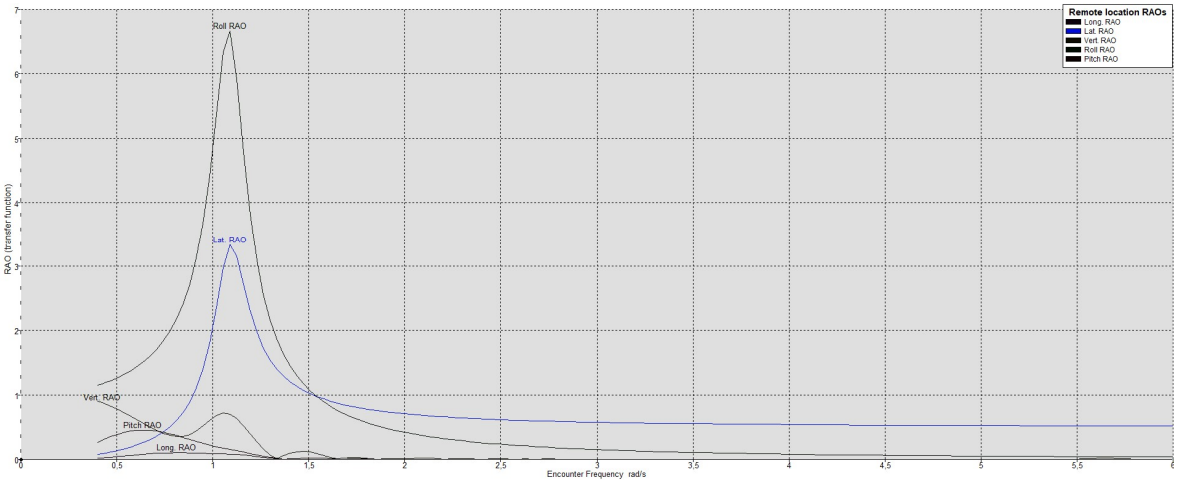
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut *heading* 45^{o} dapat dilihat pada gambar 4.38. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi -1,1 rad/s dengan nilai 4,7 m/m.



Gambar 4. 38 RAO pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut heading 45 deg

4.15.2. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 90º

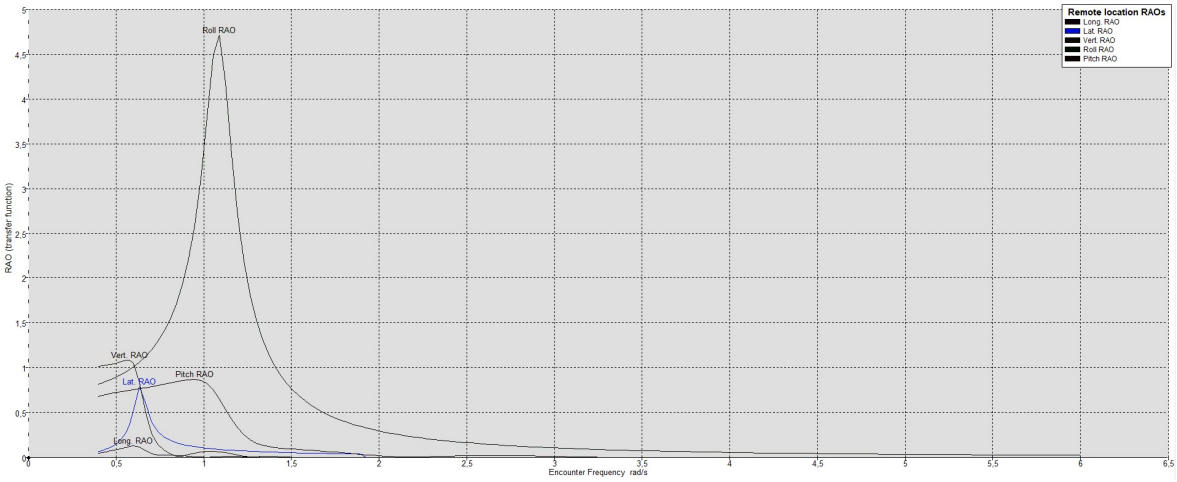
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut *heading* 90º dapat dilihat pada gambar 4.39. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi 1,15 rad/s dengan nilai 6,6 m/m.



Gambar 4. 39 RAO pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut heading 90 deg

4.15.3. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 135º

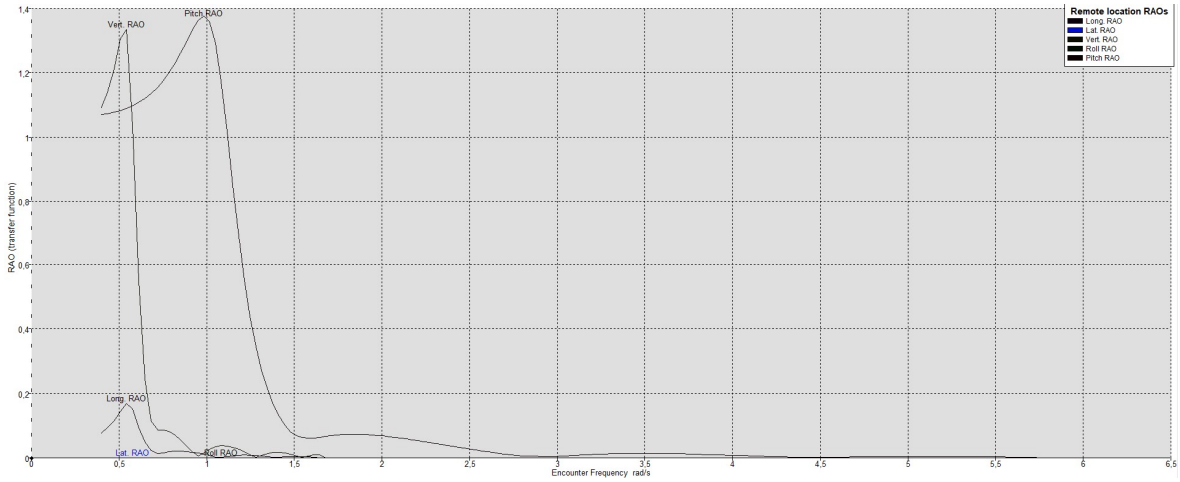
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut *heading* 135º dapat dilihat pada gambar 4.40. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi 1,1 rad/s dengan nilai 4,7 m/m.



Gambar 4. 40 RAO pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut heading 135 deg

4.15.4. RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut *heading* 180^{o}

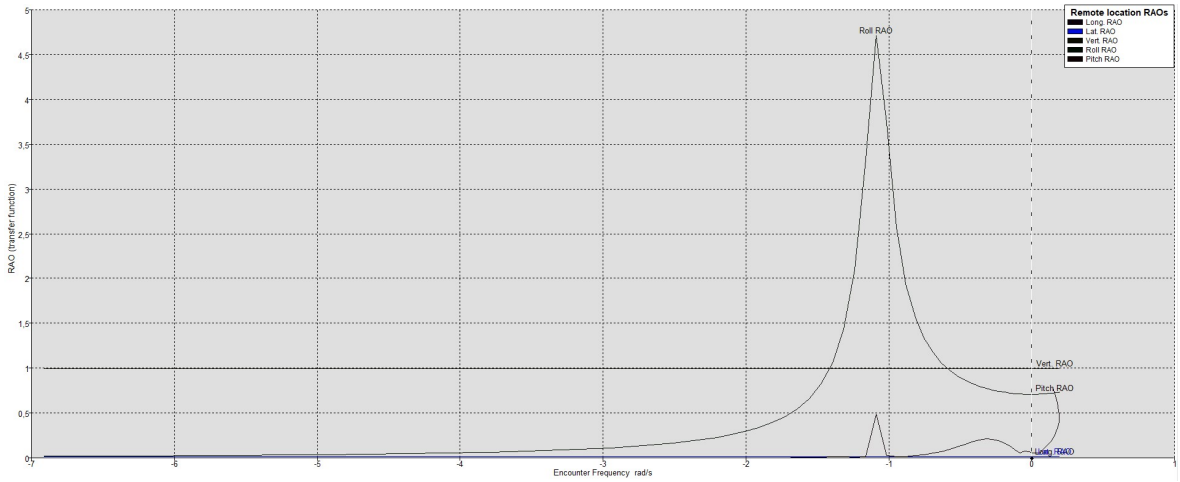
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 30 knots dengan sudut *heading* 180^{o} dapat dilihat pada gambar 4.41. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *pitch* pada frekuensi 1 rad/s dengan nilai 1,37 m/m.



Gambar 4. 41 RAO pada kecepatan 30 knots dan sudut heading 180 deg

4.15.5. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 45^{o}

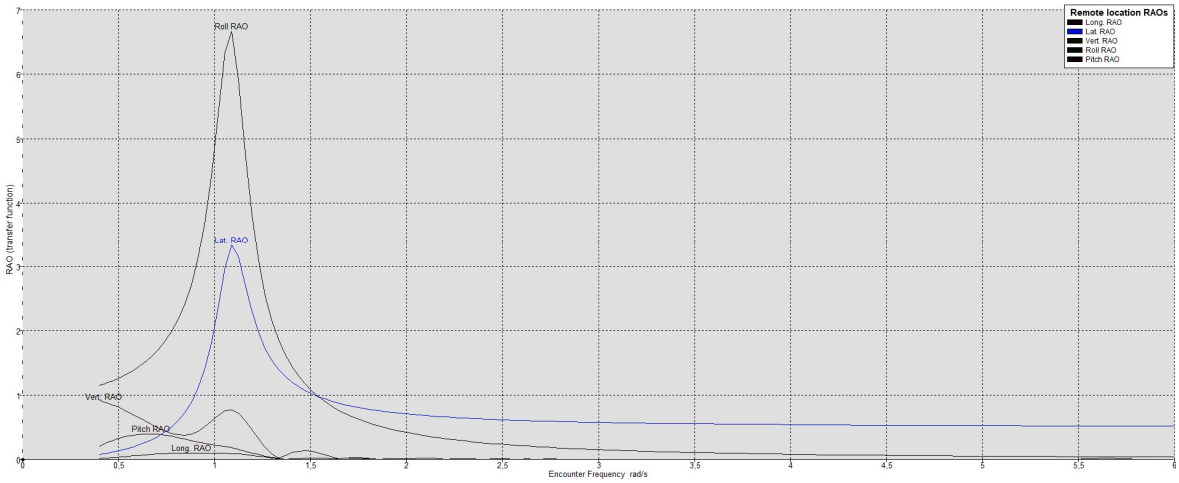
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 35 knots dengan sudut *heading* 45^{o} dapat dilihat pada gambar 4.42. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi -1,1 rad/s dengan nilai 4,65 m/m.



Gambar 4. 42 RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 45 deg

4.15.6. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 90º

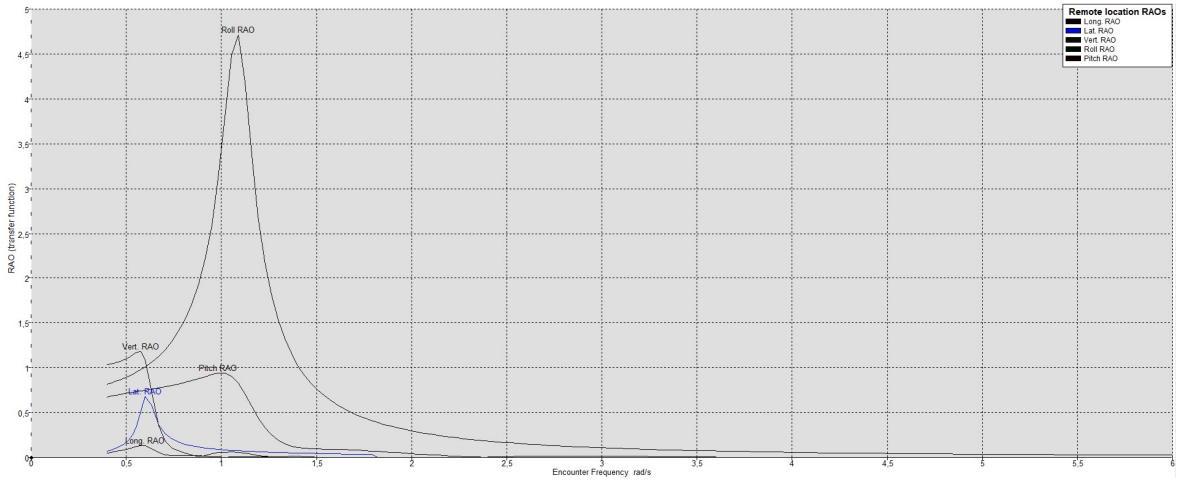
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 35 knots dengan sudut *heading* 90º dapat dilihat pada gambar 4.43. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi 1,1 rad/s dengan nilai 6,65 m/m.



Gambar 4. 43 RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 90 deg

4.15.7. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 135º

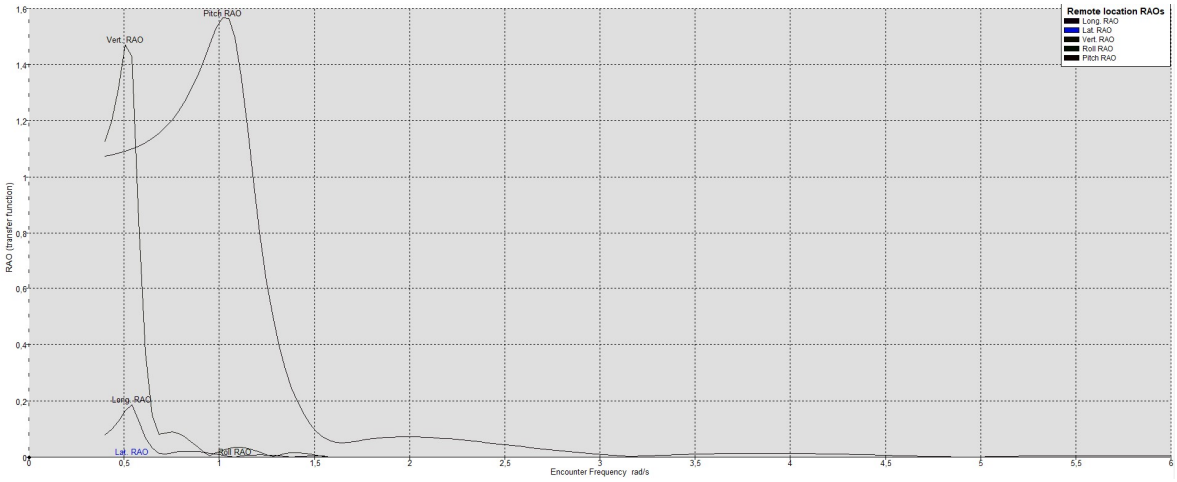
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 35 knots dengan sudut *heading* 135º dapat dilihat pada gambar 4.44. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi 1,15 rad/s dengan nilai 4,7 m/m.



Gambar 4. 44 RAO pada kecepatan 35knots dengan sudut *heading* 135 deg

4.15.8. RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 180º

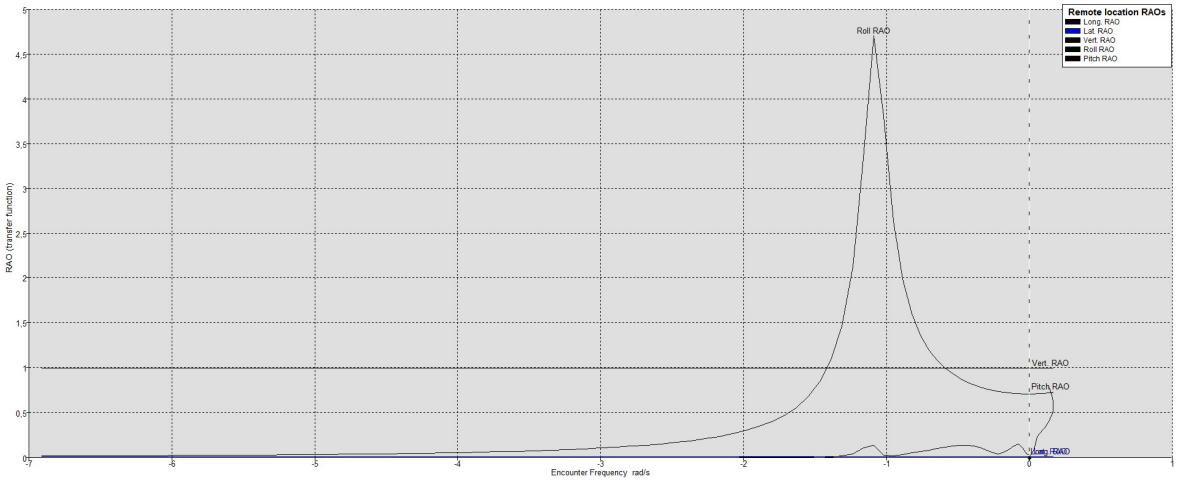
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 35 knots dengan sudut *heading* 180º dapat dilihat pada gambar 4.45. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *pitch* pada frekuensi 1,1 rad/s dengan nilai 1,58 m/m.



Gambar 4. 45 RAO pada kecepatan 35 knots dan sudut *heading* 180 deg

4.15.9. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 45º

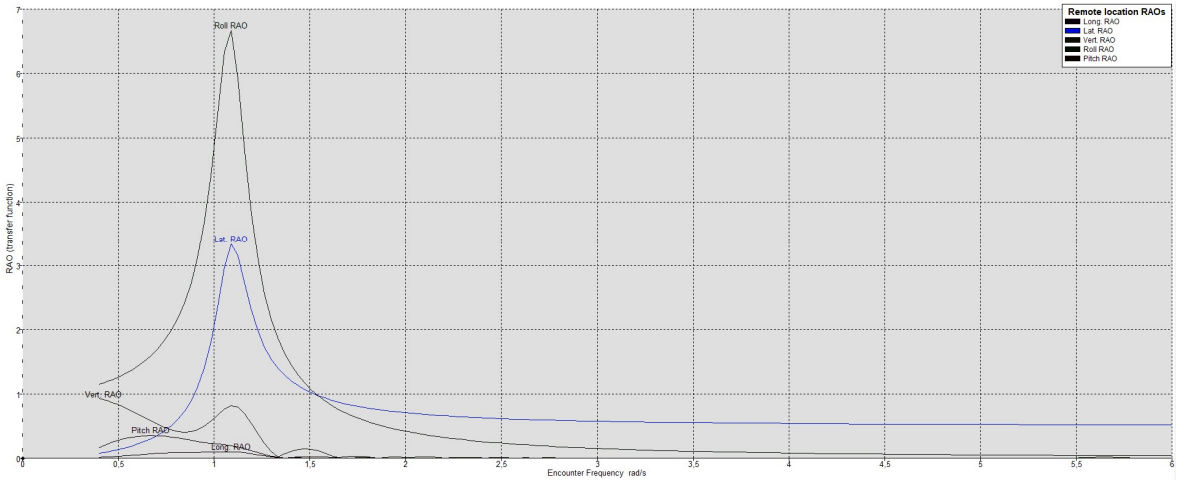
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 40 knots dengan sudut *heading* 45º dapat dilihat pada gambar 4.46. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi -1,1 rad/s dengan nilai 4,7 m/m.



Gambar 4. 46 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 45 deg

4.15.10. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 90º

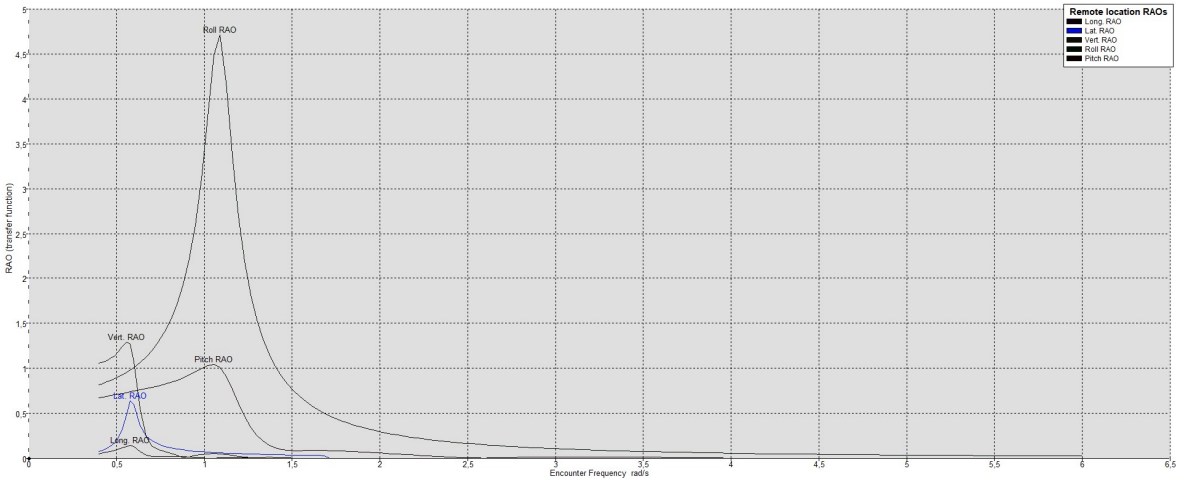
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 40 knots dengan sudut *heading* 90º dapat dilihat pada gambar 4.47. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi 1,1 rad/s dengan nilai 6,6 m/m.



Gambar 4. 47 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 90 deg

4.15.11. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 135º

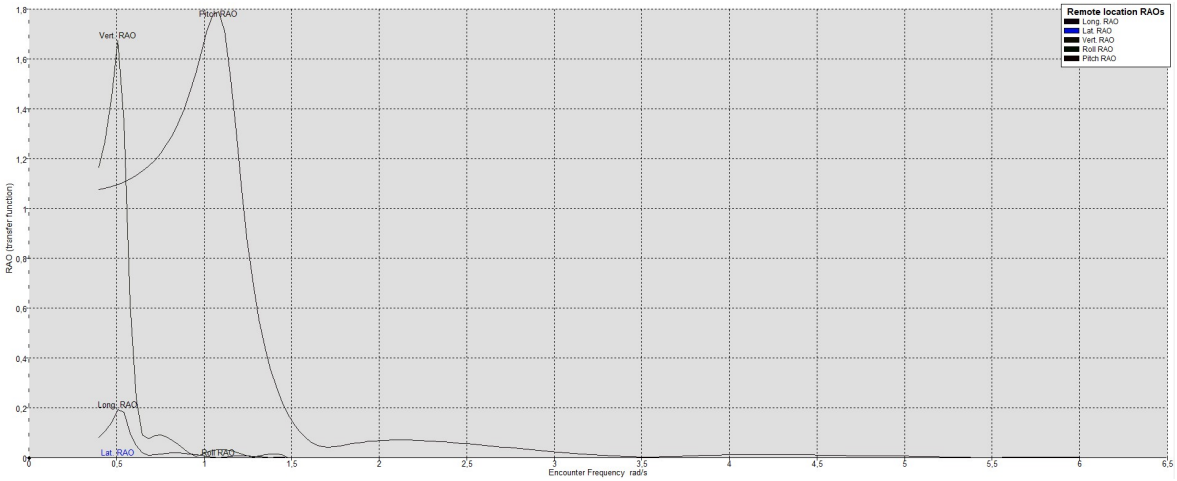
Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 40 knots dengan sudut *heading* 135º dapat dilihat pada gambar 4.48. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *roll* pada frekuensi 1,1 rad/s dengan nilai 4,7 m/m.



Gambar 4. 48 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 135 deg

4.15.12. RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 180º

Hasil RAO model *Elite Special Forces Hovercraft* pada kondisi kecepatan kapal 40 knots dengan sudut *heading* 180º dapat dilihat pada gambar 4.49. Dapat dilihat bahwa nilai respon yang paling tinggi dan ekstrim terjadi pada gerakan *pitch* pada frekuensi 1,1 rad/s dengan nilai 1,59 m/m.



Gambar 4. 49 RAO pada kecepatan 40 knots dan sudut *heading* 180 deg

4.15.13. Batasan Kriteria Analisis *Seakeeping Elite Special Forces Hovercraft*

Batasan kriteria yang digunakan untuk analsisis *seakeeping* kapal *Elite Special Forces Hovercraft* ini adalah kriteria NORDFORSK 1987 untuk *light manual work*, dimana batasan maksimum untuk *lateral acceleration* adalah 0.10g (0.98 m/s2), *vertical acceleration* adalah 0.20g (1.96 m/s2), dan gerakan *roll motion* adalah 6.0º . Berikut merupakan tabel analisa batasan kriteria untuk *seakeeping* pada kapal *Elite Special Forces Hovercraft* :

Tabel 4. 17 Analisis Batasan Kriteria

Wave Height (Hs)	*Heave Acceleration (m/s2)*	*Roll Motion* (deg)	Kriteria Batasan		Ket
			Acceleration (m/s2)	*Motion* (deg)	
0.2	0.0373	0.574	1.96	6	Pass
0.3	0.0560	0.861	1.96	6	Pass
0.4	0.0747	1.15	1.96	6	Pass
0.5	0.0934	1.44	1.96	6	Pass

4.16. Pemilihan Perlengkapan *Hovercraft*

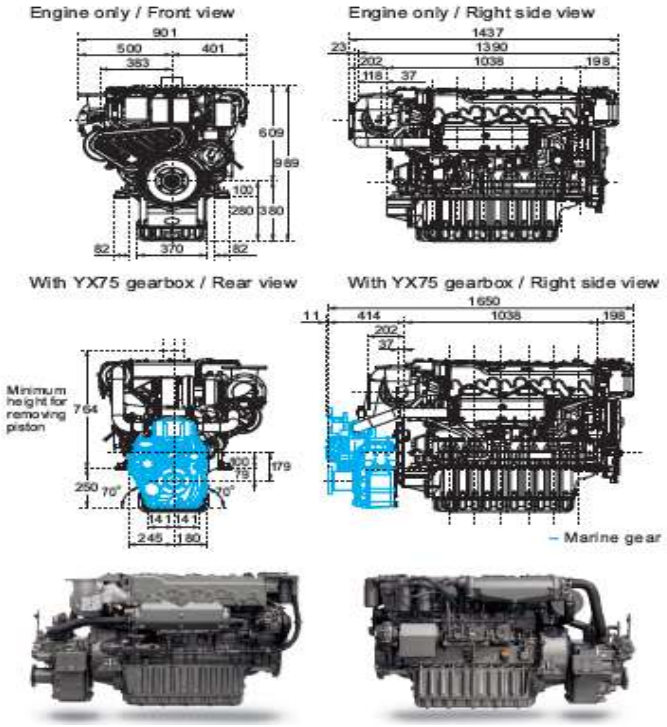
4.16.1. Permesinan

1. Engine

Berdasarkan perhitungan sistem *lifter* dan *thruster* di atas menunjukkan bahwa *hovercraft* memerlukan power sebesar 9427,62 HP maka *hovercraft* ini direncanakan menggunakan mesin BM507A-2 *Radial* 112 *Cylinder Series* (2x 56 *Cylinder combined*).

Tabel 4. 28 Spesifikasi Mesin

Engine Model	Rated power (ISO 3046/1) - kW, (RPM)		Dimensions LxWxH (mm)	Dry weight, (kg)
	Continuous power	Fuel stop power		
BM507A-2	-	7360kW @ 2000RPM (10000HP)	7000x1820x2490	17100



Gambar 4. 50 *Engine Bentley Marine 507A-2*

(sumber : *yachtboutique.com*)

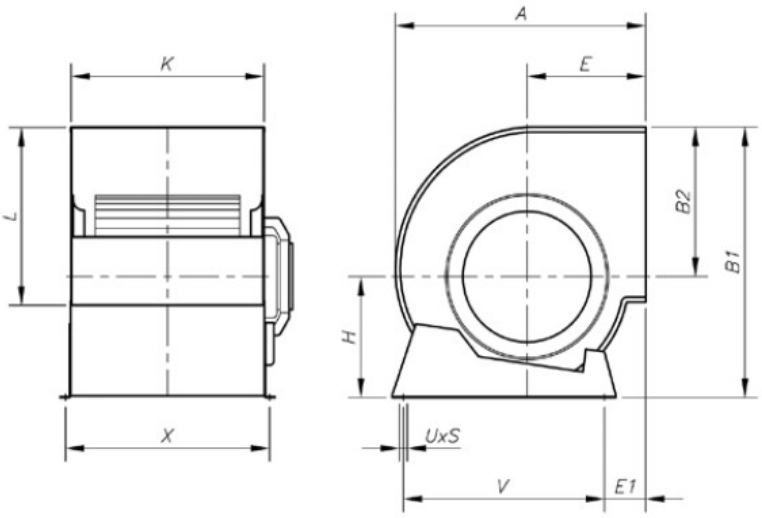
2. *Centrifugal Fan*

Berdasarkan perhitungan di atas, setelah mendapatkan *Engine* maka ditentukan *Centrifugal Fan* sebagai penyuplai udara ke *skirt*. *Hovercraft* ini direncanakan menggunakan *Centrifugal Fan* SODECA CBD-3939-6T 3.

Tabel 4. 18 Spesifikasi *Centrifugal Fan*

(sumber : *www.sodeca.com*)

Model	Speed (r/min)	Equivalent Inches	Maximum admissible current (A) 230V	400V	Installed Power (kW)	Maximum Airflow (m^3/h)	Sound pressure level dB(A)	Approx. weight (Kg)
CBD-3939-6T 3	890	15/15	10.90	6.30	2.20	11900	75	39.0



A	B1	B2	E	E1	G	H	K	L	UxS	V	X	x1	x2
422	450	246	202	73	-	204	326	292	9x17	315	355	-	-

Gambar 4. 51 Dimensi Centrifugal Fan

(sumber : *www.sodeca.com*)

4.16.2. Peralatan Akomodasi

1. Kursi

Elite Special Forces Hovercraft ini terdiri dari 2 kursi kru (pengemudi dan asisten pengemudi), 1 kursi perawat, dan 12 kursi penumpang. Kursi yang digunakan yaitu merk Echo.

Tabel 4. 19 Spesifikasi *Echo Seat*

Echo Seat	
Lebar dengan Lengan	7,62 m
Lebar tanpa Lengan	5,49 m
Panjang Keseluruhan	7,32 m
Panjang Bantalan	5,49 m
Tinggi	7,62 m
Berat	10,43 kg

Gambar 4. 52 *Echo Seat* (Sumber : www.bentleysmfg.com)

2. Kasur Darurat

Elite Special Forces Hovercraft ini dilengkapi tempat untuk memberikan pertolongan pertama kepada pasukan elit khusus yang butuh penanganan medis. Kasur darurat yang digunakan yaitu *Ambulance Stretcher BIP ALK 102 900001*.

Tabel 4. 20 Spesifikai *Echo Seat*

Ambulance Stretcher	
Material	Alumunium
Dimensi	200 cm 60 cm x 80 cm
Berat	35 kg

Gambar 4. 53 *Ambulance Stretcher*
(sumber: *google image*)

3. Lemari

Elite Special Forces Hovercraft ini dilengkapi lemari untuk menyimpan peralatan medis. Berikut ini dimensi lemari yang digunakan:

Tabel 4. 21 Dimensi Lemari

Panjang	400 mm
Lebar	970 mm
Tinggi	1600 mm
Volume	0,62 m²
Berat	63 kg

4. Kotak P3K

Dalam memberikan pertolongan pertama kepada korban bencana alam yang butuh penanganan medis dibutuhkan obat-obatan. Kotak P3K (Pertolongan Pertama pada Kecelakaan) yang digunakan yaitu *Fieldtex Back Pack Red*.

Gambar 4. 54 *Fieldtex Back Pack Red* (Sumber:www.mountainside-medical.com)

5. Tabung Oksigen

Dalam memberikan pertolongan pertama kepada korban bencana alam yang butuh penanganan medis juga dibutuhkan tabung oksigen untuk memberikan bantuan oksigen. Tabung oksigen yang digunakan yaitu O_2 1000 m^3.

Gambar 4. 55 Tabung Oksigen
(sumber: *google image*)

4.16.3. Peralatan Keselamatan

1. *Lifejacket*

Dalam keadaan *Elite Special Forces Hovercraft* mengalami masalah saat berada di perairan yang cukup berbahaya maka dibutuhkan jaket pelampung untuk semua orang yang berada di *Elite Special Forces Hovercraft*. Jumlah *Lifejacket* yang ada di *Elite Special Forces Hovercraft* ini yaitu sebanyak 102 buah sesuai dengan jumlah maksimal orang yang diijinkan masuk ke dalam *Elite Special Forces Hovercraft*. *Lifejacket* yang digunakan yaitu *Economic Marine Life Jacket-MLJ-CN*.

Gambar 4. 56 *Lifejacket* (Sumber:www.proguardsafety.com)

4.16.4. Perlengkapan Komunikasi

1. Radio Kontrol

Untuk melakukan komunikasi dengan beberapa pihak yang berkepentingan maka Rescue Hovercraft ini dilengkapai alat komunikasi berupa radio kontrol. Radio kontrol yang digunakan yaitu *Icom IC-F6121D 51*.

Gambar 4.50 Radio Kontrol (Sumber:www.actioncommunications.com)

4.16.5. Peralatan Pemadam Kebakaran

1. *Fire Extinguisher*

Media ini digunakan untuk pemadaman api yang berada di dalam *deck*. Direncanakan menggunakan tabung pemadam *ERRO EP-03*.

Tabel 4.34 Spesifikasi *Fire Extinguisher*

Fire Extinguisher ERRO EP-3	
Tinggi	485 mm
Diameter	125 mm
Tempearatur Kerja	-20 s/d 60 ^{0}C
Tekanan	15 bar
Uji Tekan	25 bar

Waktu Penyemprotan	10 detik
Jarak Semprot	2 s/d 8 m
Efektifitas	95%
Berat Bruto	4,5 kg

Gambar 4.51 Alat Pemadam Api (sumber: *google image*)

4.17. Pembuatan Prototype *Elite Special Forces Hovercraft*

Pada tahap pembuatan prototype *Elite Special Forces Hovercraft* ini akan dijelaskan dengan didahului penjabaran komponen yang digunakan untuk membuat prototype, kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan prototype, lalu rancangan komponen sistem elektrik prototype, dan terakhir cara mengoperasikan prototype tersebut.

4.17.1. Komponen Prototype *Elite Special Forces Hovercraft*

Berikut adalah komponen prototype *Elite Special Forces Hovercraft* yang digunakan :

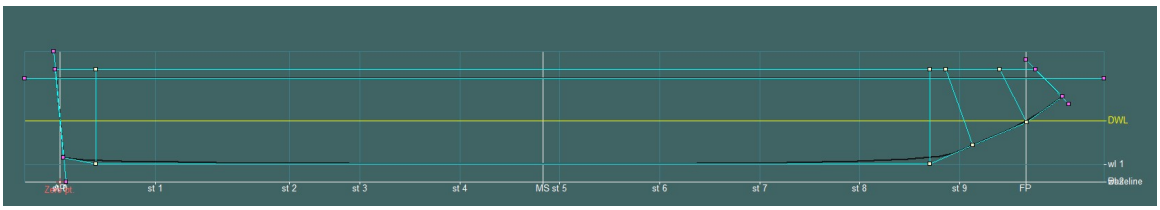
1. Kayu balsah tebal 3 mm
2. Penggaris
3. Lem G (Lem Korea)
4. Isolatip Kertas
5. Resin
6. Katalis
7. Dempul

8. Amplas Kasar
9. Pylox Primer
10. Pylox Emas
11. Pylox Putih
12. Pylox Merah
13. Pylox Abu
14. Pylox *Glossy*
15. Motor F40 Pro II 2250 kV
16. Baling-baling drone ukuran 5 inch
17. Komponen Bofor 3D *Print*
18. Sterofoam
19. *Trash Bag*
20. Lem *Epoxy*

4.17.2. Proses Pembuatan Protype *Elite Special Forces Hovercraft*

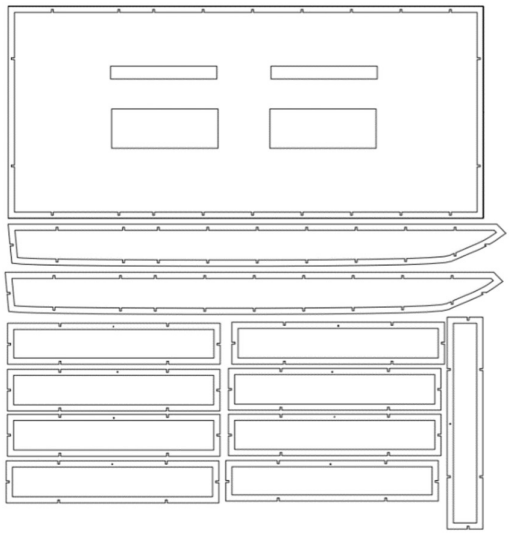
Setelah semua komponen prototype lengkap, maka dapat dimulai pembuatan prototype. Adapun langkah-langkah proses pembuatan prototype *Elite Special Forces Hovercraft* ini sebagai berikut:

1. Proses Pembuatan Prototype *Elite Special Forces Hovercraft* ini dibantu dengan menggunakan *software Maxsurf* untuk membuat station lambung kapal. Station lambung kapal dibuat 9 station. Dapat dilihat seperti pada gambar berikut :



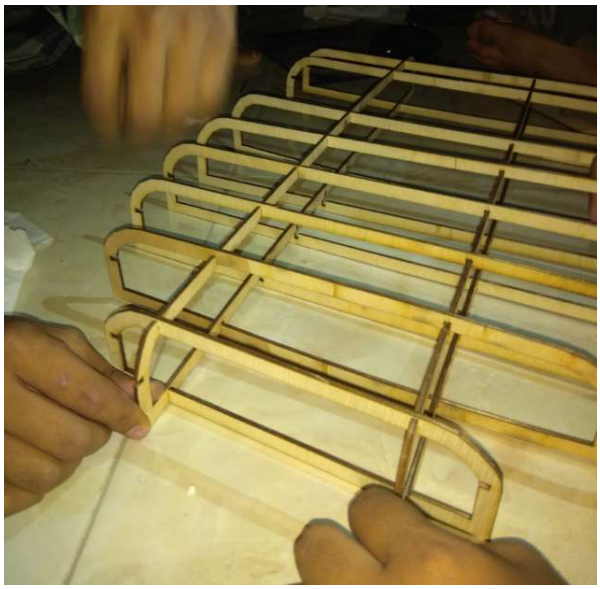
Gambar 4. 57 Pembagian *Station* Lambung Kapal

2. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kerangka / puzzle station yang dibantu dengan menggunakan *software AutoCAD* untuk dilakukan pemotongan laser cutting pada station dengan menggunakan kayu sengon dengan ketebalan 3 mm. Kerangka / puzzle station dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 58 Hasil Kerangka / *Puzzle Station*

3. Jika sudah melakukan laser cutting, maka dilanjutkan dengan merangkai station yang sudah dilaser cutting tadi. Rangkaian *hovercraft* dapat dilihat sebagai gambar berikut :



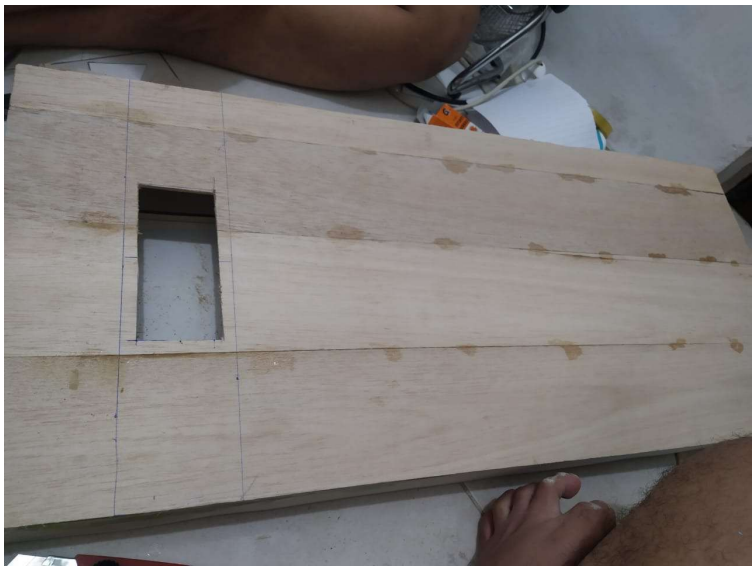
Gambar 4. 59 Rangkaian *Station* Prototype

4. Setelah merangkai station, langkah selanjutnya adalah menutupi station dengan kulit yang terbuat dari kayu balsah dengan ukuran tebal 3mm. Dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 60 Penempelan kulit prototype dengan balsah

5. Setelah semua kulit terpasang, selanjutnya dipersiapkan dudukan *thrust* dan balsah kulit *deck* prototype dibolongi agar *thrust* dapat diletakkan. Dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 61 Dudukan *Thrust* Prototype



Gambar 4. 62 Kulit *Deck* Prototype Dibolongi

Gambar 4. 63 Penempatan Dudukan *Thrust*

6. Lalu, dilakukan pembuatan dudukan *lift* prototype. Dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 64 Dudukan *Lift* Prototype

7. Setelah penempatan dudukan *lift* dan *thrust* selesai, selanjutnya diberikan lem epoxy terhadap kedua dudukan tersebut, dikarenakan torsi motor dan getarannya sangat besar, maka perlu dilakukan pemberian lem epoxy agar kaku dan kuat. Dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 65 Pemberian Lem Epoxy pada Prototype

8. Kemudian dilanjutkan dengan pengerjaan pemberian resin dan katalis pada prototype dan ditunggu sampai resin dan katalis benar-benar kering. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut

:

Gambar 4. 66 Pemberian resin dan katalis pada prototype

9. Tahap selanjutnya adalah pemberian dempul pada prototype agar prototype tahan air dan lebih kaku. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 67 Pemberian dempul pada prototype

10. Lalu dilakukan penghalusan dempul dengan menggunakan amplas kasar dan diberi sedikit air agar proses penghalusan dempul lebih mudah. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 68 Penghalusan permukaan prototype dengan amplas

11. Kemudian dilakukan pengeringan menggunakan *hair dryer*. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 69 Pengeringan dempul basah dengan *hairdryer*

12. Setelah itu dilakukan pemberian cat primer pada prototype. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 70 Pemberian cat primer pada prototype

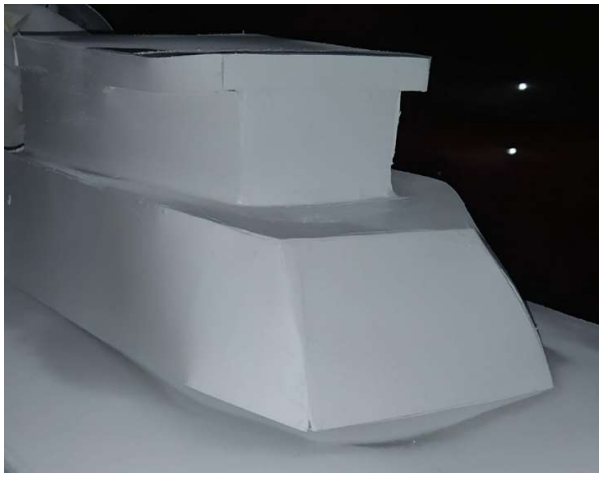
13. Setelah pemberian cat primer selesai, dilanjutkan dengan pemberian cat warna pada prototype. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 71 Pemberian cat warna pada prototype

14. Kemudian, dilanjutkan dengan pembuatan bangunan atas menggunakan PVC Foam dan dilakukan pendempulan. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 72 Bentuk bangunan atas dengan PVC Foam

15. Setelah dilakukan pendempulan, dilanjutkan dengan pemberian cat primer pada bangunan atas. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 4. 73 Pemberian *surfacer* pada bangunan atas

16. Lalu pengerjaan selanjutnya dengan membuat *bone skirt hovercraft* dengan menggunakan sterofoam. Fungsi *Bone Skirt* ini adalah untuk menopang *skirt* dari *trashbag.* Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 74 *Bone Skirt Hovercraft*

17. Setelah itu, dipasangkan skirt pada *hovercraft*. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 75 Pemasangan *skirt* dibawah *hovercraft*

18. Tahap selanjutnya yaitu menempelkan stiker yang sudah dibuat ke permukaan *deck hovercraft*. Pengerjaan dapat dilihat dari gambar berikut :

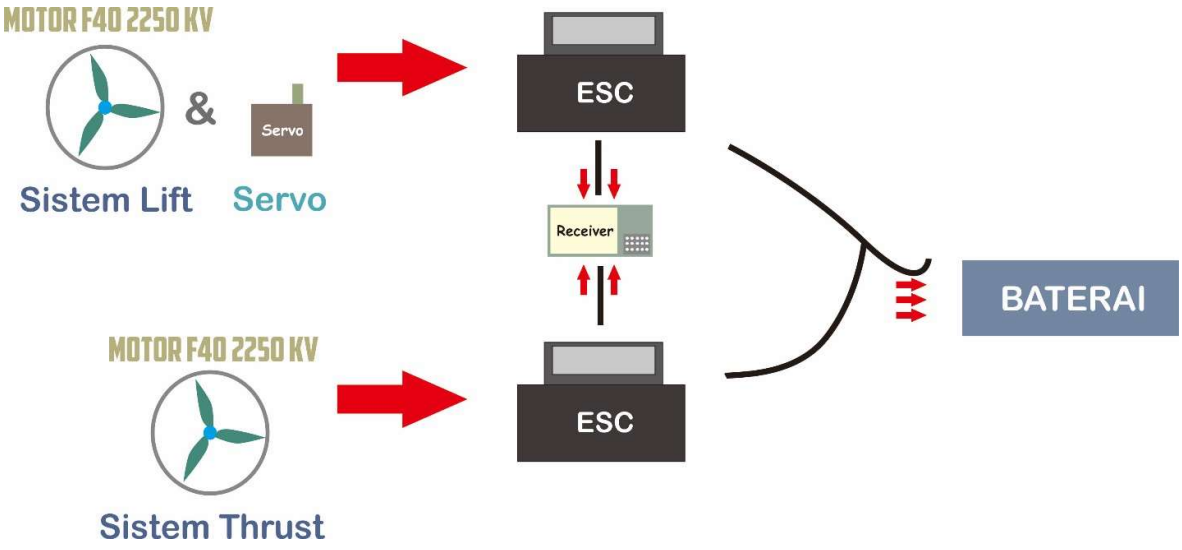
Gambar 4. 76 Penempelan stiker ke *hovercraft*

19. Hasil akhir prototype *Elite Special Forces Hovercraft*. Dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 77 *Elite Special Forces Hovercraft*

4.17.3. Rancangan Komponen Sistem Elektrik Prototype

Untuk rancangan komponen sistem elektrik prototype, terdiri dari berbagai macam komponen, yaitu motor F40 2250 kV, ESC Seaking 90 A dua buah, Receiver, dan Lipo Baterai 4200mAh. Rancangan sistem elektrik prototype tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 78 Rancangan sistem elektrik prototype

Komponen sistem elektrik pada gambar 4.78. diatas menjelaskan bahwa pada *hovercraft* memiliki 2 sistem, yaitu sistem *lift* dan *thrust*. Untuk sistem *lift* sendiri fungsinya untuk mengisi udara pada *skirt* agar *skirt* mengembang pada *hovercraft* yang terdiri dari motor listrik F40 dan baling-baling yang terhubung dengan ESC 1, sedangkan sistem *thrust* fungsinya untuk meberikan dorongan maju dan mundur pada *hovercraft*. Dan ada juga servo terhubung pula dengan ESC, dimana fungsinya untuk memberikan arah kiri dan kanan dengan rudder pada *hovercraft*. ESC fungsinya adalah sebagai otak komponen elektrik dan mengubah jumlah daya kemotor listrik dari baterai. Selanjutnya kedua ESC dari masing-masing sistem *hovercraft* dihubungkan ke *receiver*, agar *hovercraft* dapat menerima perintah melalui kontrol remote. Terakhir, kedua ESC dihubungkan dengan satu kabel / plak untuk menerima daya dari satu baterai.

Halaman ini sengaja dikonsongkan

BAB 5
DESAIN KAPAL

5.1. Rencana Garis dan Rencana Umum

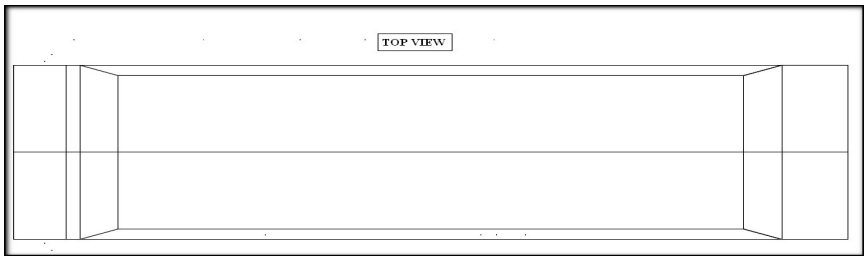
Berikut ini merupakan recana garis dan rencana umum *Elite Special Forces Hovercraft*:

5.1.1. Rencana Garis

Berikut ini merupakan *original model* dari *hull form* dan *skirt Elite Special Forces Hovercraft* yang dibuat dengan menggunakan program *Rhinoceros* dengan pembagian jarak *station* sebagai berikut:

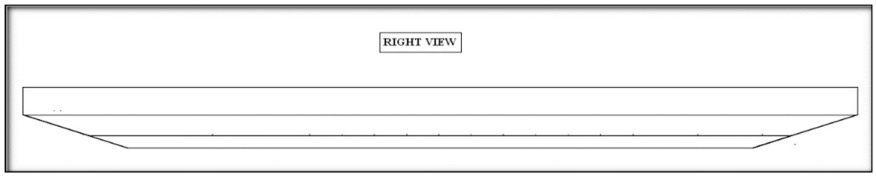
Tabel 5. 1 Jarak Station *Elite Special Forces Hovercraft*

Station	Jarak (m)
0	0
1	11,23
2	25,08
3	39,54
4	50,27
5	57,52



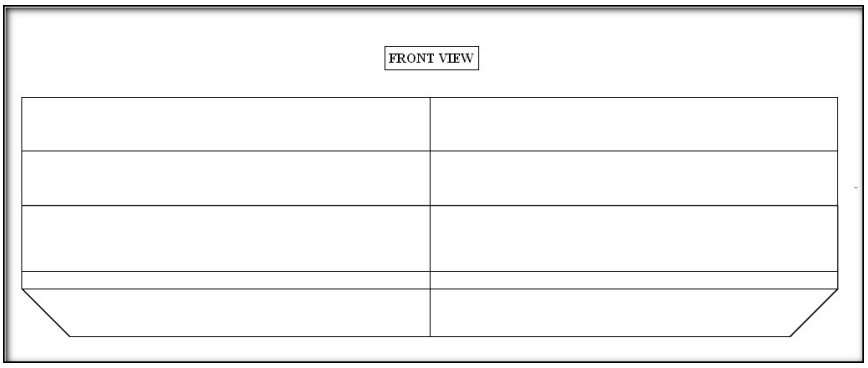
Gambar 5. 1 *Top View Hull Form Model Elite Special Forces Hovercraft*

Model gambar *top view hull form* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.1.



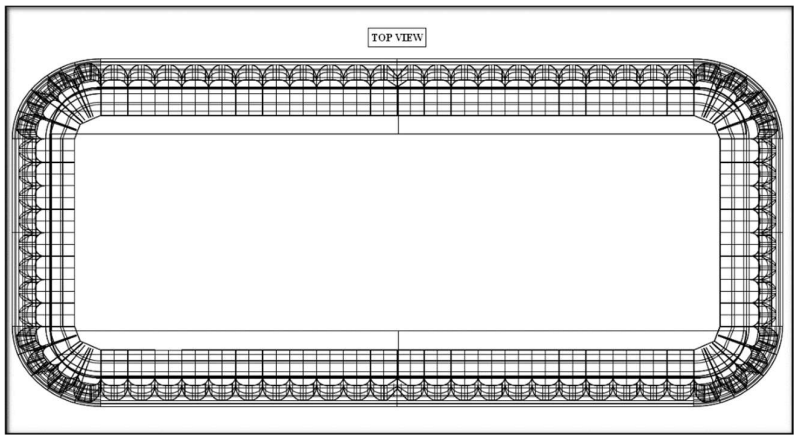
Gambar 5. 2 *Right View Hull Form Elite Special Forces Hovercraft*

Model gambar *right view hull form* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.2.



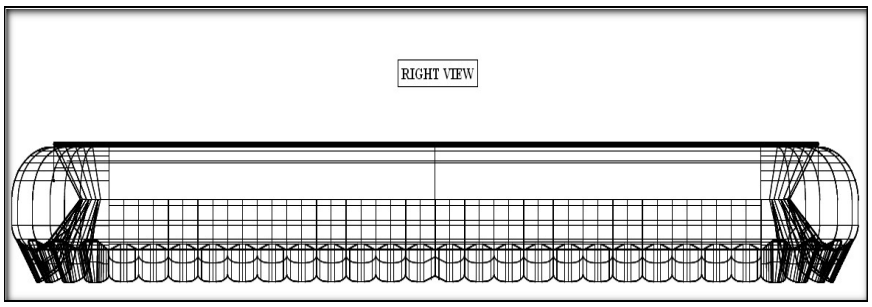
Gambar 5. 3 *Front View Hull Form Elite Special Forces Hovercraft*

Model gambar *front view hull form* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.3.



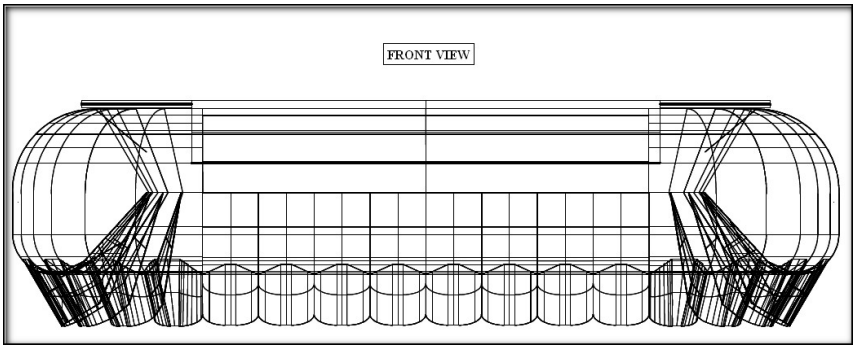
Gambar 5. 4 *Top View Skirt Model Elite Special Forces Hovercraft*

Model gambar *top view skirt* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 5 *Right View Skirt Model Elite Special Hovercraft*

Model gambar *right view skirt* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 6 *Front View Skirt Model Elite Special Forces Hovercraft*

Model gambar *front view skirt* yang karakteristik hidrostatiknya telah sesuai dengan parameter, kemudian dieksport kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD.* Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.6.

5.1.2. Rencana Umum

Permasalahan dalam penyusunan rencana umum biasanya tergantung tipe *hovercraft* yang direncanakan. Namun pada dasarnya perencanaan rencana umum untuk semua tipe *hovercraft* memiliki kesamaan dalam hal-hal tertentu, seperti dalam penyusunan ruangan akomodasi dan daya mesin.

Spesifikasi dan gambar rencana umum terlampir dipersiapkan sebagai petunjuk dasar untuk menyusun ruangan-ruangan yang dibutuhkan dan besarnya tangki-tangki. *Hovercraft* ini dirancang khusus sebagai kendaraan tempur untuk membawa tank, anoa, dan pasukan khusus dalam operasi penyergapan.

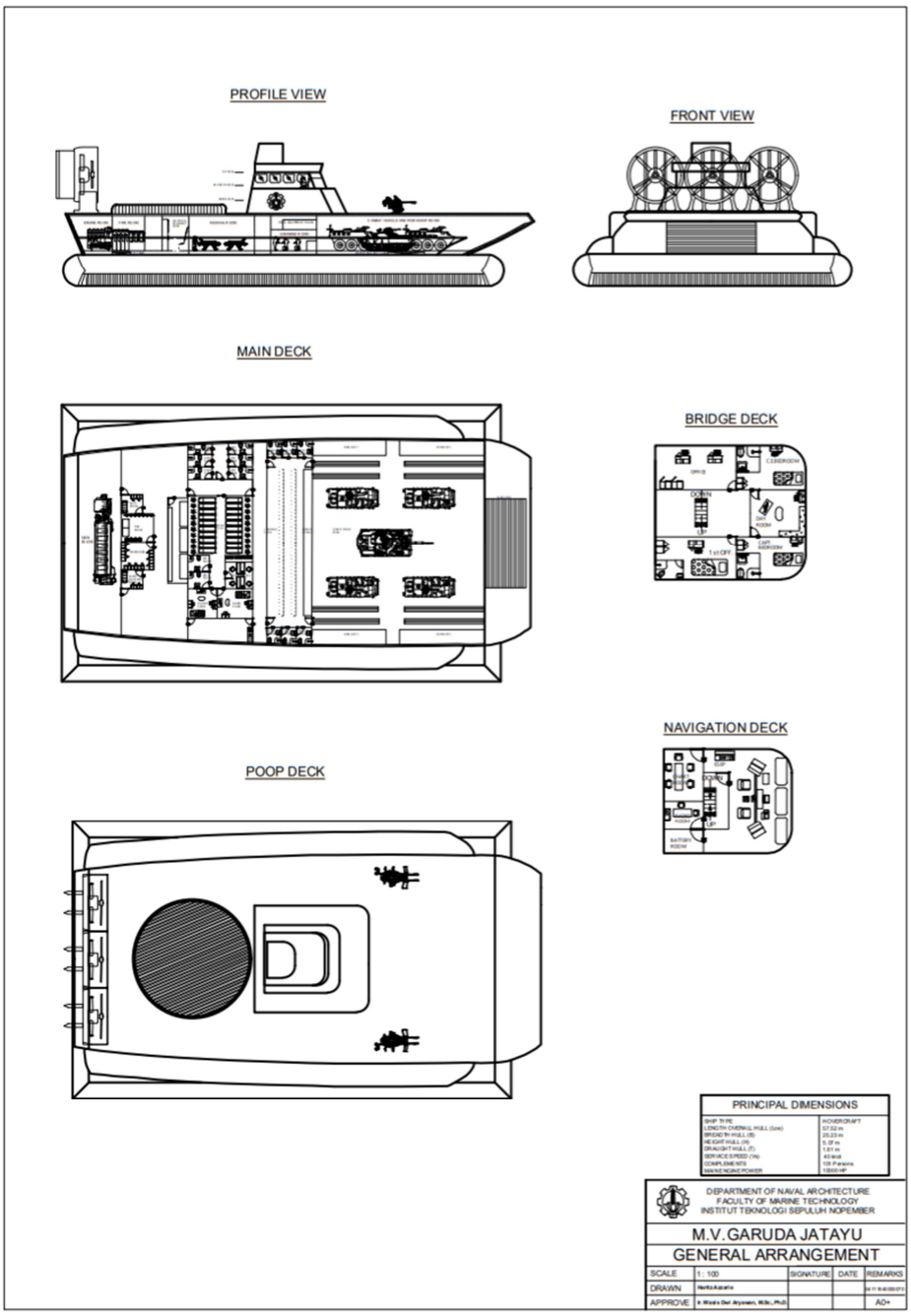
5.1.2.1. Tata Letak Ruang

Gambaran Rencana Umum *Elite Special Hovercraft* sesuai dengan fungsinya untuk operasi pernyergapan memperhatikan aspek fungsional, ekonomis, mudah dalam pemeliharaan dan pengangkutan serta distribusi berat sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Hovercraft ini pada bagian buritan terdapat *Ramp door* dimana ukurannya telah disesuaikan agar kendaraan tempur seperti tank maupun anoa dapat keluar dan masuk melewati *Ramp door*. *Elite Special Forces Hovercraft* mempunyai 9 ruangan utama, yaitu ruang tank dan anoa (bengkel), ruang komando pasukan elit khusus, rumah sakit, ruang peralatan deck, peralatan keselamatan, peralatan *Hovercraft*, peralatan listrik, ruang mesin, dan ruang sistem dalam *Hovercraft*. Material lambung dan *deck hovercraft* menggunakan alumunium, sedangkan material *skirt* menggunakan *rubber*.

5.1.2.2. *General Arrangement*

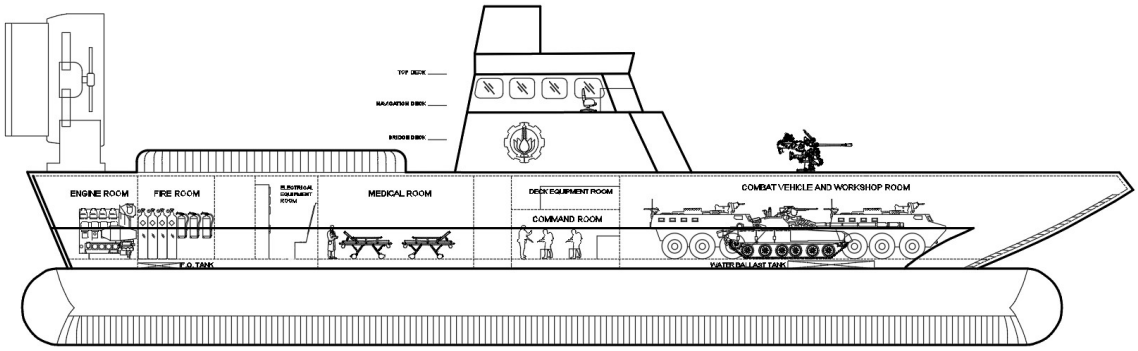
Konfigurasi penataan ruangan pada *Elite Special Forces Hovercraft* disusun sehingga mampu dioptimalkan fungsinya. Berikut merupakan gambar *General Arrangement*:



Gambar 5. 7 *General Arrangement Elite Special Forces Hovercraft*

5.1.2.3. *Profile View*

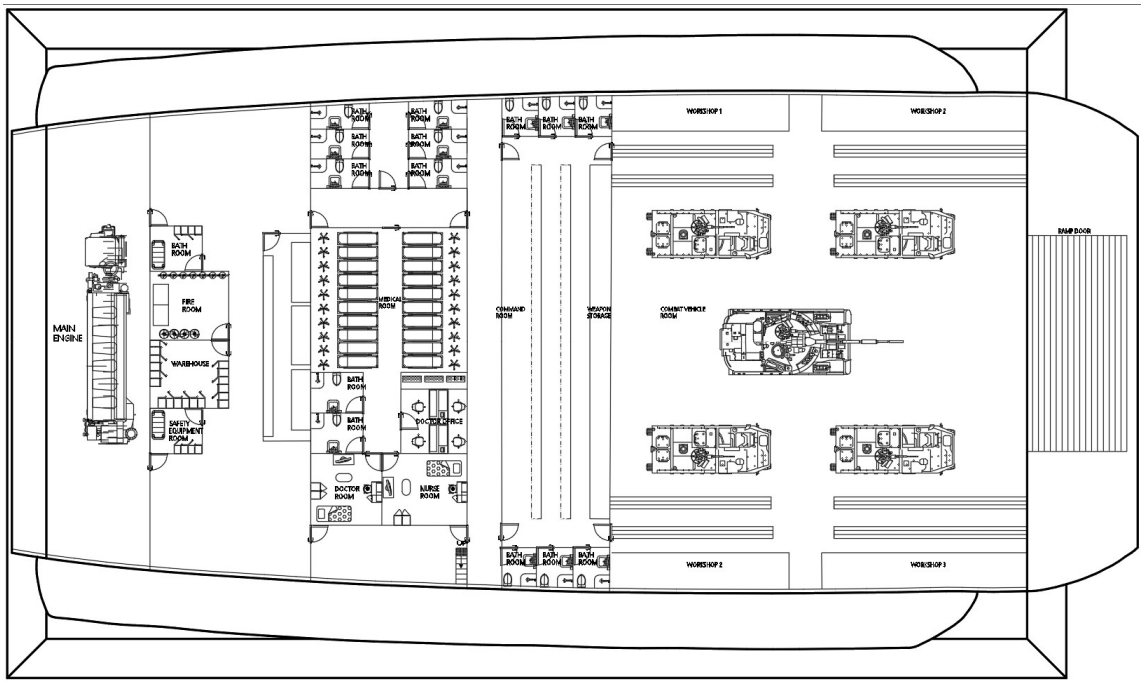
Pada permodelan rencana umum kapal *Hovercraft* ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak samping. Detail permodelan rencana umum Kapal *Elite Special Forces Hovercraft* tampak samping dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 *Profile View Elite Special Forces Hovercraft*

5.1.2.4. *Main Deck*

Pada permodelan rencana umum kapal *Hovercraft* ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal pada *Main Deck*. Detail permodelan rencana umum Kapal *Elite Special Forces Hovercraft* tampak samping dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5. 9 *Main Deck Elite Special Forces Hovercraft*

Layout dari *main deck* pada rencana umum diproyeksikan secara tampak atas. *Main deck* terdiri dari beberapa ruangan sebagai berikut.

1. Ruang Mesin (*Engine Room*)

Pada ruang mesin, terdapat sistem permesinan kapal yang terdiri dari *main engine* sebagai komponen penggerak utama kapal dan generator sebagai penyuplai kelistrikan di kapal. Selain itu, di ruangan ini terdapat instalasi sistem kelengkapan kapal lainnya seperti *general service pump, fire fighting pump,* dan *air conditioning (AC). General service pump* sebagai pompa yang dapat dipakai serbaguna. Kemudian f*ire fighting pump* berfungsi untuk memompa air laut dari *sea chest* ke *fire fighting nozzle* melalui sistem perpipaan ketika sistem *firefighting* diaktifkan untuk melakukan proses pemadaman pada musibah kebakaran kapal di laut. Untuk *air conditioning(AC)* digunakan sebagai penyejuk ruangan di kapal. Terdapat juga *Engine Control Room* yang dapat mengatur dan memantau kondisi semua permesinan kapal.

2. CO_2 *Room*

CO_2 *Room* berfungsi sebagai ruang untuk menyimpan stok CO_2 yang digunakan untuk berbagai aplikasi seperti perlindungan ruang mesin-mesin kapal, ruang control, ruang panel, cairan yang mudah terbakar dan lain sebagainya. Cara kerjanya dalam memadamkan api adalah dengan cara mengurangi komposisi oksigen dalam ruangan sampai ke tingkat dimana

3. *Hovercraft Equipment Room*

Hovercraft Equipment Room berfungsi sebagai ruang untuk menyimpan segala perlengkapan *Hovercraft* seperti cadangan *skirt* dengan bahan material *rubber* untuk menambal jika terjadi kebocoran yang tidak diinginkan pada *skirt*.

4. Gudang

Gudang berfungsi sebagai ruang penyimpanan yang tidak terpakai dan masih bisa di *recycle* kembali. Seperti sampah elektronik yang tidak terpakai, dan barang-barang bekas yang tidak terpakai lainnya.

5. *Safety Equipment Room*

Safety Equipment Room berfungsi sebagai ruang penyimpanan alat-alat keselamatan yang berada diatas *Elite Special Forces Hovercraft*, seperti *Lifejacket,* Alat pemadam dan alat keselamatan lainnya.

6. *Electrical Equipment Room*

Electrical Equipment Room berfungsi sebagai ruang penyimpanan atau pemasangan perangkat mekanik atau listrik kapal. Ruang ini juga dapat menyimpan peralatan komunikasi kapal.

7. Toilet

Toilet berfungsi sebagai ruang untuk tempat buang air besar dan kecil, tempat cuci tangan dan muka untuk kru, pasukan elit khusus, maupun dokter kapal *Elite Special Forces Hovercraft*.

8. *Medical Room*

Medical Room merupakan suatu fasilitas kesehatan yang berfungsi untuk memberikan perawatan kepada kru kapal, pasukan elit khusus yang sakit. *Medical Room* juga dapat mengobati luka luar parah misalnya pasukan elit khusus yang tertembak.

9. *Doctor Office*

Doctor Office merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang kantor dokter, dan tempat konsultasi jika ada kru ataupun pasukan elit khusus yang sakit.

10. *Doctor Room*

Doctor Room merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang kamar tidur sekaligus bersantai dan beristirahat untuk dokter setelah melaksanakan kewajibannya selama jam kerja pada hari tersebut. Pada kamar tidur untuk dokter terdapat *TV*, meja, lemari, dan kasur untuk tidur.

11. *Nurse Room*

Nurse Room merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang kamar tidur sekaligus bersantai dan beristirahat untuk suster setelah melaksanakan kewajibannya selama jam kerja pada hari tersebut. Pada kamar tidur untuk suster terdapat *TV*, meja, lemari, dan kasur untuk tidur.

12. *Command Room*

Command Room merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang alokasi komando untuk memberikan perintah dan pemberian strategi perang untuk melancarkan operasi penyergapan. Ruangan ini diisi oleh 1 komandan militer dan 90 pasukan elit khusus. Ruangan ini dilengkapi *Air Conditioner* untuk memberikan kenyamanan bagi para pasukan yang sedang diberikan strategi perang.

13. *Weapon and Ammunition Storage*

Weapon and Ammunition Storage merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang bagi para kru kapal dan pasukan elit khusus untuk menyimpan persediaan amunisi persenjataan kapal. Senjata dan Amunisi persenjataan yang disimpan di *Weapon and Ammunition Storage* antara lain senjata Pindad SS2-V5 Kal. 5.56 mm, amunisi Pindad SS2-V5 Kal. 5.56 mm, amunisi untuk Bofor 20mm.

14. *Workshop*

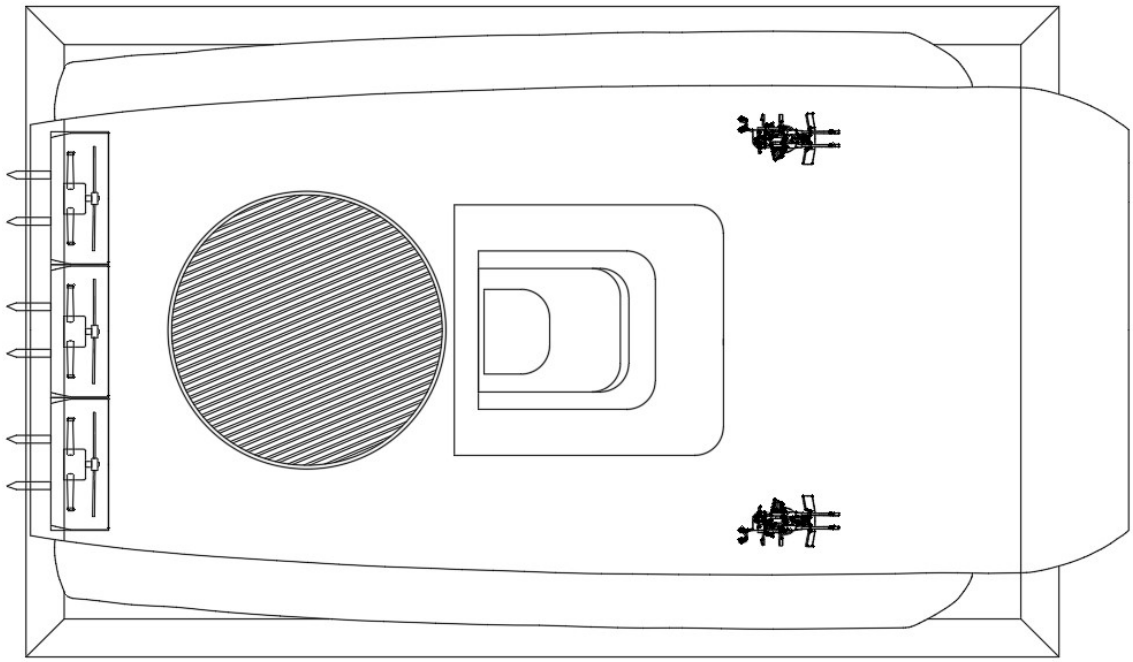
Workshop merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang bengkel *Anoa Amphibious 6x6* PT.PINDAD maupun *Harimau Medium Tank* PT.PINDAD jika terjadi kerusakan dan harus diperbaiki. *Workshop* ini dilengkapi dengan alat-alat bengkel yang lengkap.

15. *Combat Vehicle Room*

Combat Vehicle Room merupakan suatu ruangan yang berfungsi sebagai ruang parkir *Anoa Amphibious 6x6* PT.PINDAD maupun *Harimau Medium Tank* PT.PINDAD.

5.1.2.3. *Poop Deck*

Pada permodelan rencana umum kapal *Hovercraft* ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal pada *Poop Deck*. Detail permodelan rencana umum Kapal *Elite Special Forces Hovercraft* tampak samping dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5. 10 *Poop Deck Elite Special Forces Hovercraft*

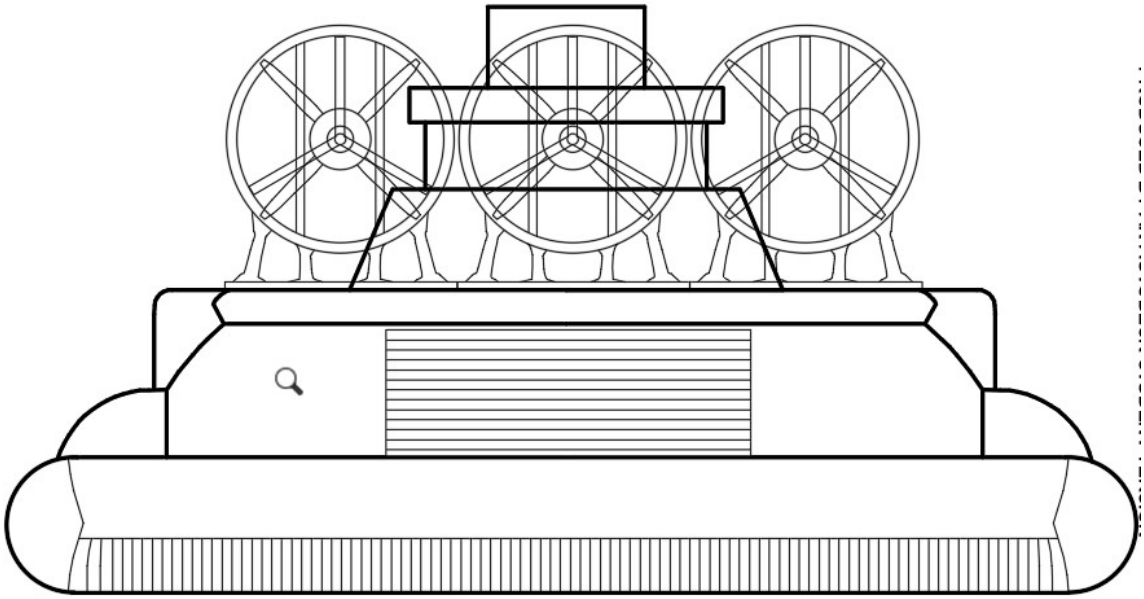
Layout dari *main deck* pada rencana umum diproyeksikan secara tampak atas. *Main deck* terdiri dari beberapa ruangan sebagai berikut.

1. *A modern Oerlikon Cannon 20 mm/85 KAA*

A modern Oerlikon Cannon 20 mm/85 KAA adalah serangkaian *autocannon*, berdasarkan pada desain meriam M2 20 mm Becker tipe Jerman asli yang muncul pada awal Perang Dunia I. Diproduksi secara luas oleh Oerlikon Contraves dan lainnya, dengan berbagai model yang digunakan oleh Sekutu dan Pasukan Axis selama Perang Dunia II, dan banyak versi masih digunakan sampai sekarang. Pada *Elite Special Forces Hovercraft* ini digunakan 2 *A modern Oerlikon Cannon 20 mm/85 KAA* pada sisi *portside* satu buah, dan pada sisi *starboard* satu buah.

5.1.2.3. *Front View*

Pada permodelan rencana umum kapal *Hovercraft* ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal pada *Front View*. Detail permodelan rencana umum Kapal *Elite Special Forces Hovercraft* tampak samping dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5. 11 *Front View Elite Special Forces Hovercraft*

5.1.2.4. Desain 3D

Setelah dilakukan permodelan rencana umum *Elite Special Forces Hovercraft*, selanjutnya dibuat permodelan desain 3D *Elite Special Forces Hovercraft*, nama dari kapal *hovercraft* ini adalah M.V. Garuda Jatayu dibuat pada skala 1:1, dengan ukuran utama Panjang (Loa): 57.52 m; Lebar (B): 25.22 m; Tinggi (H): 3.22 m; Sarat (T) 1.61 m; Kecepatan (Vs): 40

Knot dengan rute dari Bandar Udara Ewer menuju Kabupaten Nduga melewati Sungai Agats, Provinsi Papua. Berikut merupakan desain 3D *Elite Special Forces Hovercraft* :

Gambar 5. 12 Desain 3D *Elite Special Forces Hovercraft*

5.1.2.5. Desain Prototype

Setelah dilakukan permodelan desain 3D *Elite Special Forces Hovercraft*, selanjutnya dibuat permodelan prototype *Elite Special Forces Hovercraft*, nama dari kapal *hovercraft* ini adalah M.V. Garuda Jatayu dibuat pada skala 1:110. Prototype ini dilengkapi dengan 1 sistem *lift* untuk memberikan udara pada *air cushion* prototype *hovercraft* dan 3 sistem *thrust* untuk mendorong prototype *hovercraft*. Motor elektrik yang digunakan kedua sistem menggunakan

motor T-Motor F40 Pro II daya 2250 kv dan baling-baling yang digunakan berukuran 5 inch. Berikut merupakan desain prototype *Elite Special Forces Hovercraft* :

Gambar 5. 13 Desain Prototype *Elite Special Forces Hovercraft*

Gambar 4. 79 *Elite Special Forces Hovercraft* tampak atas

Gambar 4. 80 Penulis sedang memainkan prototype

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6
PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL

Kebutuhan material adalah faktor kunci dalam membangun kapal. Total berat lambung kapal dapat menentukan besarnya biaya kapal. Dalam Tugas Akhir ini biaya pembangunan kapal dibagi menjadi tiga kategori (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998) yaitu *material cost, labour cost,* dan *overhead cost.*

1. *Material cost*

Material cost merupakan biaya yang diperlukan untuk kebutuhan material yang digunakan dalam membangun kapal. Dalam Tugas Akhir ini *material cost* dibagi menjadi material lambung kapal, material geladak kapal, material bangunan atas kapal, *equipment & outfitting* kapal, dan tenaga penggerak kapal. Perhitungan *material cost* ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Perhitungan *Material Cost*

No.	***Item***	***Value*** **(Rp)**	***Units***
1	Material Baja	510.008.198	Rp
2	*Equipment & Outfitting*	725.923.440	Rp
3	Tenaga Penggerak	181.881.480	Rp
Material Cost		1.365.842.209	Rp

2. *Labour cost*

Labour cost merupakan biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pembangunan kapal. Mengutip (Habibie, 2019) dalam Tugas Akhir ini *labour cost* diasumsikan sebesar 20% dari total biaya pembangunan kapal awal. Perhitungan *labour cost* ditunjukkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Perhitungan *Labour Cost*

Item	***Value***	***Units***
Labour cost (*20% dari biaya pembangunan awal*)		
Labour Cost	273.168.442	Rp

3. *Overhead Cost*

Overhead cost merupakan biaya tambahan yang dihitung berdasarkan nilai inflasi dan pajak yang dikenakan untuk pembangunan kapal. Dalam Tugas Akhir ini *overhead cost* diasumsikan biaya inflasi sebesar 2% dari biaya pembangunan awal dan biaya pajak sebesar 10% dari biaya pembangunan awal. Perhitungan *overhead cost* ditunjukkan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Perhitungan *Overhead Cost*

No.	***Item***	***Value***	***Units***
1	Biaya Untuk Inflasi (*2% dari biaya pembangunan awal*)		
	Biaya Inflasi	27.316.844	Rp
2	Biaya Pajak Pemerintah *(10% dari biaya pembangunan awal)*		
	Biaya Pajak	136.584.221	Rp
Overhead Cost		437.069.507	Rp

Setelah semua komponen biaya pembangunan kapal yang meliputi *material cost, labour cost,* dan *overhead cost* dihitung, maka dapat diketahui biaya keseluruhan pembangunan kapal seperti yang disajikan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Total Biaya Pembangunan Kapal

No.	***Item***	***Value***	***Units***
1	*Material Cost*	1.365.842.209	Rp
2	*Labour Cost*	273.168.442	Rp
3	*Overhead Cost*	437.069.507	Rp
Total Biaya Pembangunan Kapal		1.802.911.716	Rp

BAB 7
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, yaitu perancangan *Elite Special Forces Hovercraft* yang difungsikan sebagai kendaraan untuk mengevakuasi korban bencana alam dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis dari data didapatkan *payload* sebesar 133,272 ton. Untuk wilayah operasional, *Elite Special Forces Hovercraft* ini beroperasi di sekitar perairan Sungai Agats dengan jarak tempuh 128km dan Sungai Agats ini memiliki lebar 125m sehingga *Elite Special Forces Hovercraft* dapat menjangkau Kabupaten Nduga. Jarak operasi yang ditempuh *Elite Special Forces Hovercraft* sejauh 69,114 nautical miles, serta kecepatan *Elite Special Forces Hovercraft* yang digunakan berdasarkan analisa yang telah dilakukan yaitu sebesar 40 knot.
2. Dengan menggunakan metode perancangan perbandingan dengan Metode Geosim, didapatkan L = 57,52 meter, B = 25,22 meter, Vs = 40 knot, payload 133,27 ton, jumlah kru 12 orang , pasukan sebanyak 90 orang, 1 tank harimau, dan 4 anoa *amphibious*
3. Pada perhitungan manual menggunakan formula, analisa stabilitas terbagi atas 2 kondisi, yaitu saat *hovercraft* hanya diisi oleh kru (kondisi I) dan saat *hovercraft* diisi oleh *Tank*, Anoa *Amphibous*, Pasukan Elit Khusus (kondisi II). Hasil analisa menunjukan semua perhitungan memenuhi semua kriteria yang ditentukan (Stabilitas Statis: *Pitching* = h/Lc>0,05Pc, *Rolling* = h/Bc>0,08Pc ; Stabilitas Dinamis: *Pitching* = h/Lc>0,05Pc, *Rolling* = h/Bc>0,08Pc, *Yawing* = h/Lc>0,02Pc).
4. Desain Rencana Garis disajikan pada Lampiran B
   Desain Rencana Umum disajikan pada Lampiran C
   Desain Permodelan 3D disajikan pada Lampiran D
5. Pada pembuatan prototype dibuat dengan skala 1:110, dilengkapi dengan sistem *lifter* dan sistem *thruster* dengan menggunakan 1 motor daya 2250 kv dan 1 baling-baling berukuran 5 inch.
6. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan estimasi biaya pembangunan *Elite Special Forces Hovercraft* sebesar Rp 1.802.911.716.4

7.2. Saran

Tugas akhir yang disusun ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat lebih dikembangkan secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research)* antara lain :

1. Memperluas kajian pembahasan, misalnya dengan memperhitungkan kekuatan dan getaran *hovercraft* serta perlu adanya pembahasan mengenai analisa ekonomis sehingga *Elite Special Forces Hovercraft* ini dapat dihitung estimasi biaya pembuatan dan operasionalnya
2. Dalam pengerjaan perancangan *hovercraft* referensinya lebih diperbanyak sehingga acuan dalam perhitungan dan analisanya lebih variatif dan solutif
3. Adanya pengembangan lebih lanjut dalam studi perancangan *hovercraft* dan dapat diaplikasikan secara nyata sehingga di Indonesia *hovercraft* dapat diproduksi dalam jumlah yang relatif banyak dan berkembang menjadi alat transportasi yang banyak digunakan
4. Adanya sumbangsih dari pihak-pihak terkait dalam perancangan *hovercraft* sehingga ilmu tentang *hovercraft* ini dapat lebih dioptimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aryawan, W.D. (2003). Ph.D. Thesis. *An Investigation into the Potential of Multiple Rows Ducted Propellers for Marine Applications*. Newcastle upon Tyne, UK: University of Newcastle upon Tyne.

Back Pack First Aid Kit Red. (2020, February 05). Retrieved from mountainside-medical.com: mountainside-medical.com

Berlian, A. (2011). *Slide Materi Mata Kuliah Dinamika Kapal.* Semarang: Universitas Diponegoro.

C. Gillmer, T. (1975). *Modern Ship Design* . Annapolis: Naval Institute Press.

Canwest Hovercraft - Vanair Hovercraft. (2020, February 20). Retrieved from canhover.com

Centrifugal Fan and In-Line Extractors Catalog. (2014, March 05). Retrieved from sodeca.com

Dardak, A. (2009). *Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol.* Jakarta: Departemen Perkerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.

Data dan Informasi Bencana Indonesia. (2019, December 06). Retrieved from dibi.bnpb.go.id

Design Spiral. (2019, December 06). Retrieved from goodrindo.blogspot.com

DY, H., & S, A. (2011). *Perencanaan Sistem Thrustes dan Lifter Tipe Terpisah untuk Hovercraft Militer dengan Payload 15 ton.* Surabaya: ITS.

Echo . (2020, Februari 05). Retrieved from bentleysmfg.com

Griffon Hoverwork Griffon 380 TD, with a payload of 380kg. (2019, December 05). Retrieved from griffonhoveerwork.com

Griffon Hoverwork The World Leader In Hovercraft Design & Operation. (2020, January 21). Retrieved from griffonhoverwork.com

Hovercraft. (2019, December 04). Retrieved from gophoto.it

Hovercraft Bag and Finger Skirt. (2019, December 05). Retrieved from 4wings.com.phtemp.com

Hovercraft bag skirt. (2019, December 05). Retrieved from 4wings.com.phtemp.com

How a Hovercraft Works . (2019, December 05). Retrieved from jameshovercraft.co.uk

Indonesia Products Hovercraft Buatan PT. Sumber Daya Primatanusa. (2009, December 05). Retrieved from indonesia-products.blogspot.com

Kementrian Perhubungan Republik Indonesia - Hovercraft Sarana Transportasi. (2019, December 03). Retrieved from m.dephub.go.id

Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

L., Y., & A., B. (2000). *Theory and Design of Air Cushion Craft.* London: Arnold Publishers.

Munir, R. (2006). *Metode Numerik Edisi Revisi.* Bandung: Informatika.

Razaqur Rahim, F. (2008). *Analisa Udara pada Fan yang Mempengaruhi Tekanan Cushion pada Hovercraft.* Jakarta : Universitas Indonesia.

Rhandyawan, d. (2008). *Optimasi Performa Kerja dan Redesain. Integrated Circular Hovercraft dengan Kapasitas Satu Orang Penumpang.* Jakarta: Universitas Indonesia.

Tupper, E. (1996). *Introduction to Naval Architecture.* London: Elsevier Science Ltd.

LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Perhitungan Teknis
Lampiran B Desain Rencana Garis
Lampiran C Desain Rencana Umum
Lampiran D Desain Pemodelan 3D
Lampiran E Katalog

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

Kapal pembanding : ZUBR- Class Hovercraft

Metode Geosim dapat dihitung dengan persamaan:

$$(\frac{L_2}{L_1})^3 = (\frac{B_2}{B_1})^3 = (\frac{T_2}{T_1})^3 = \frac{W_2}{W_1}$$

Dimana, L_1 = panjang kapal yang akan didesain (m)
L_2 = panjang *parent ship* (m)
B_1 = lebar kapal yang akan di desain (m)
B_2 = lebar *parent ship* (m)
T_1 = sarat kapal yang akan di desain (m)
T_2 = sarat *parent ship* (m)
W_1 = DWT kapal *parent ship* (ton)
W_2 = DWT kapal yang akan dicari (ton)

Selain itu dikenal juga faktor skala K dalam *geosim prosedure* ini, nila K ini yang menjadi skala perbandingan ukuran utama dari *parent ship* dar kapal yang akan didesain. Nilai K dapat ditentukan dengan persamaar berikut.

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{B_2}{B_1} = \frac{T_2}{T_1} = \sqrt[3]{(\frac{W_2}{W_1})} = K$$

g	=	9.81		Vs	=	55 knots	=	28.2944
				Lwl	=	59.82382		
W1	=	555.0 ton		Fr	=	1.168		
W2	=	540.0 ton						
L1	=	57.5229 m						
B1	=	25.22937 m						
T1	=	1.614 m						
H1	=	3.229 m						
K	=	0.990909						
Cb	=	54.409	0.990909					

L2	=	L1 x K	=	**57.0 m**
B2	=	B1 x K	=	**25.00 m**
T2	=	T1 x K	=	**1.60 m**
H2	=	H1 x K	=	**3.2 m**

Main Dimension		
Name	Garuda Jatayu	
L	57.522	m
B	25.229	m
H	3.229	m
T	1.614	m
DWT	540	ton

L Hull =	57.52	m	Lc/Bc =	2.00	Lc/Bc =	2,0-2,8	(ACV)
B Hull =	25.23	m			Lc/Bc =	3,0-3,5	(SES)
T Hull =	1.61	m	Pc/Lc =	15.00	Pc/Lc =	10-15	(*Low Density Craft*)
			(Hal 400)		Pc/Lc =	15-20	(*High Density Craft*)

1. Berat Total (W)

W = 300000 kg = 2940000 N = 300 ton

2. Lebar Bantalan (Bc)

$Bc = (W/[(Pc/Lc) \times (Lc/Bc)^2])^{0.333}$

$= (300000 / [(15) \times (2,5)^2])^{0.333}$

= 17.05 m

3. Panjang Bantalan (Lc)

Lc = Bc/(Bc x Lc)

= Bc x Lc/Bc

= 14,7 x 2,5

= 34.10 m

4. Luas Bantalan ($Sc)

$Sc = Bc \times Lc$

$= 17,05 \times 34,10$

$= 581.49 \ m^2$

5. Tekanan Bantalan (Pc)

Pc = W / $Sc

= 300000 / 539,97

= 515.91 kg/m² = 5059.15 N s²/m³

6. Tinggi Finger Skirt (Hsk)

Hsk = (Hsk/Bc) x Bc Hsk/Bc ≤ 0.17 (ACV)

= 0,14 x 14,70 (Hsk/Bc menggunakan 0,14)

= 2.39 m

7. Berat Kosong Hovercraft (W) dan Berat Operasional (Wop)

7.1. Berat Lambung

7.1.1. Berat $truktur Lambung (Ws)

$Ws/W = 0,29 \times (W^{0.33} / Pc)^{0.6}$

$Ws/W = 0,29 \times (300000^{0.33} / 515,91)^{0.6}$

Ws/W = 0.08

Ws = 0.08 x 300000

= 24913.97 kg

7.1.2. Berat $truktur Metal (W1)

W1 = Ks x $c

= 57,5 x 581,49

= 33435.81 kg

Ks = Koefisien momen bending melintang

= 57.5

(Dari Tabel 11.1 dan 11.4 Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft*)

7.1.3. Berat Perlengkapan (W2)

a. Peralatan Deck

W2-1 = K2-1 x W

= 0,12 x 300000

= 36000.00 kg

K2-1 = 0.12 (ACV) (Hal. 394)

K2-1 = 0.1 (SES)

b. Peralatan Hovercraft

$W2-2 = K2-2 \times W^{0.666}$

$= 0,08 \times 300000^{0.666}$

= 355.51 kg

K2-2 = 0.08 (ACV)

K2-2 = 0.1 (SES)

c. Peralatan Keselamatan

W2-3 = (K2-3-1 x Sn) + (K2-3-2 x 7)
= (0,36 x 102) + (4,5 x 7)
= 107.82 kg

2.279995244
1.43805
0.000431614
0.563941176

K2-3-1 = Berat *Lifejacket*
= 0.36 kg
(Economic Marine Life Jacket-MLJ-CN)

K2-3-2 = Berat Alat Pemadam
= 4.5 kg
(Fire Extinguisher ERRO EP-03)

Sn = Jumlah pasukan dan kru
= 212 orang
102

d.Sistem Dalam Hovercraft

W2-4 = K2-4 x W
= 0,02 x 300000
= 6000.00 kg

K2-4 = 0.05 (ACV Kecil; Berat Total <2000 kg)
K2-4 = 0.05 (ACV Sedang; Berat Total <20.000 kg)
K2-4 = 0.02 (ACV Besar, Berat Total >20.000 kg)
(K2-4 menggunakan 0,02 karena berat total <20.000 kg)

e. Peralatan Akomodasi

W2-5 = (K2-5-1 x 12) + (K2-5-2 x 4) + (K2-5-3 x 20) + (K2-5-4 x 2) + (K2-5-5 x 10) + K2-5-6
= (10,43 x 12) + (10 x 4) + (35 x 20) + (4131 x 2) + (7 x 10) + 1,09
= 9198.28 kg

K2-5-1 = Berat Kursi
= 10.43 kg
(Echo)
Sn = Jumlah kru
= 12 unit

K2-5-2 = Berat Tabung Oksigen
= 10.00 kg
(O2 1000 m3)
Sn = Jumlah unit
= 4 unit

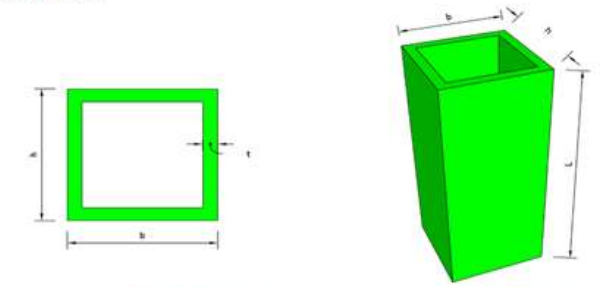
K2-5-3 = Berat Kasur Darurat
= 35.00 kg
(Ambulance Stretcher BIP ALK 102 900001)
Sn = Jumlah unit
= 20 unit

K2-5-4 = Berat Bangku Hollow Pasukan
= 4131 kg
Sn = Jumlah Unit (1 unit untuk 45 pasukan)
= 2 unit

K2-5-5 = Berat Peralatan Medis
= 7.00 kg
(Fieldtex Back Pack Red)
Sn = Jumlah unit
= 10 unit

K2-5-6 = Berat Radio Komunikasi
= 1.09 kg
(Icom IC-F6121D 51)

Profil Hollow



Pilih jenis Material

Bahan	Aluminium	ρ	=	2700 kg/m^3
Tinggi Penampang		h	=	450 mm
Lebar Penampang		b	=	500 mm
Ketebalan Profil		t	=	50 mm
Panjang Penampang		L	=	18 m
Keliling Penampang		K	=	1900 mm
Luas Penampang		A	=	85000 mm^2
Volume		V	=	1.53 m^3
Luas Selimut		Ap	=	34.2 m^2
Berat		W	=	4131.00 kg

Menu

1 lbs = 0.45 kg

W2 = W2-1 + W2-2 + W2-3 + W2-4 + W2-5
= 36000 + 355,51 + 107,82 + 6000 + 4282,80
= 51661.61 kg

7.2. Berat Pembangkit Tenaga Listrik

W3 = K3-1
= 17100.00 kg

K3-1 = Berat *Engine*
= 17100 kg
(BM507A-2 Radial 112 Cylinder Series (2x 56 Cylinder combined)

7.3. Berat Peralatan Listrik

W4 = K4 x ($W^{0,666}$)
= 0,14 x ($300000^{0,666}$)
= 622.14 kg

K4 = 0.14 (ACV)
K4 = 0.1 (SES)

7.4. Berat Bantalan

W5 = K5 x (Lc+Bc) x Hsk x Pc
= 0,02 x (51,15) x 2,39 x 515,91
= 1260.00 kg

K5 = 0.02 (ACV)
Lc+Bc = 51.15 m

7.5. Berat Pasukan, Tank, Bofor, Anoa, Senjata, Amunisi Bofor

W6 = (K6-1 x Sn) + (K6-2 x Sn) + (K6-3 x Sn) + (K6-4 x Sn) + (K6-5 x Sn) + (K6-6 x Sn)
= (90 x 90) + (30000 x 1) + (75 x 2) + (12300 x 4) + (3,8 x 90) + (0,24 x 1000)
= 88272 kg

K6-1 = Berat pasukan
= 90 kg
Sn = Jumlah pasukan
= 90 orang

K6-2 = Berat tank
= 30000 kg
Sn = Jumlah unit
= 1 unit
(Harimau Medium Tank PT. PINDAD)

K6-3 = Berat bofor 20 mm
= 75 kg
Sn = Jumlah unit
= 2 unit

K6-4 = Berat Anoa Amphibous
= 12300 kg
Sn = Jumlah unit
= 4 unit
(Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD)

K6-5 = Pindad SS2
= 3.8 kg
Sn = Jumlah unit
= 90 unit
(Senapan Serbu SS2 PT. PINDAD)

K6-6 = Amunisi bofor 20 mm
= 0.24 kg
Sn = Jumlah amunisi
= 2000 buah

7.6. Berat Kru

W7 = K7 x Sk
= 90 x 12
= 1080 kg

K7 = Berat kru
= 90 kg
Sk = Jumlah kru
= 12 orang

7.7. Berat Bahan Bakar

W8 = qe x N x (R/Vs) x K8
= 0,04 x 7355 x (69,11/40) x 1,08
= 534.41 kg

R = Jarak tempuh
= 128.00 km
= 69.11 nautical miles
Vs = Kecepatan
= 40.00 knot
K8 = 1.08
N = Total daya
= 7355 kw

1 liter = 0.86 kg
1 hp = 0.73549 kw
qe = Konsumsi bahan bakar
= 333 liter/jam
= (333 x 0,86) / 7355
= 0.04 kg/kw.h

(BM507A-2 Radial 112 Cylinder Series (2x 56 Cylinder combined)

7.8. Berat Cairan

a. W9 = K9 x W
= 0,07 x 300000
= 21000 kg

K9-a = 0.07 (Sistem *Skirt Shift*)
(Untuk ACV dengan berat total >20.000 kg)

b. W9 = K9 x W
= 0,12 x 300000
= 36000 kg

K9-b = 0.12 (Ballast Air)
(Untuk ACV dengan berat total >20.000 kg)

c.W9 = K9 x W
= 0,1 x 300000
= 30000 kg

K9-c = 0.10 (Ballast Bahan Bakar)
(Untuk ACV dengan berat total >20.000 kg)

(Diputuskan menggunakan Ballast Air)

7.9. Berat Cadangan

W10 = K10 x W
= 0,15 x 300000
= 45000 kg

K10 = 0.15

W = Ws + W1 + W2 + W3 + W4 + W5
= 24913,97 + 47376,13 + 46746,13 + 17100 + 622,14 + 1260
= 128993.53 kg

Wop = Ws + W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6 + W7 + W8 + W9 +W10
= 24913,97 + 47376,13 + 46746,13 + 17100 + 622,14 + 1260 + 92672 + 1080 + 534,41 + 36000 + 45000
= 299879.95 kg

W-Wop = 120.05 kg ≤ 5% W
= 120.05 kg ≤ 15000 kg

Payload = Wop - (W7 + W8 + W9) - W'
= 133272.00 kg

Displacement = Wop
= 299879.95 kg
= 299.88 ton

T = Displacement / (L x B x Cb x ρ)
= 0.15 m

Perencanaan Tangki

1. Tangki Bahan Bakar

V = W8 / ρsolar
= 534,41 / 820,00
= 0.65 m³

W8 = Berat bahan bakar
= 534.41 kg
ρsolar = Massa jenis solar
= 820.00 kg/m³

Dimensi Tangki Bahan Bakar:
Panjang = 1,0 m
Lebar = 2,2 m
Tinggi =0,3 m

2. Tangki Ballast

V = W9 / ρair
= 36000 / 1000,00
= 36.00 m³

W9 = Berat air
= 36000.00 kg
ρair = Massa jenis air
= 1000.00 kg/m³

Dimensi Tangki Ballast:
Panjang = 6,50 m
Lebar = 4,00 m
Tinggi = 1,40 m

Engine Model	Rated power (ISO 3046/1) - kW, (RPM)		Dimensions LxWxH (mm)	Dry weight, (kg)
	Continuous power	Fuel stop power		
BM507A-2	-	7360kW @ 2000RPM (10000HP)	7000x1820x2490	17100

sumber : http://www.yachtboutique.com/BentleyMarine/Engines.htm

1. Perhitungan Hambatan Total Hovercraft (Rtot)

1.1. Hambatan Gelombang (Rw) (Hal. 86)

Rw = Cw (4 x Pc x W)/(ρw x g x Lc)
= 0,25 (4 x 515,91 x 300000)/(1025 x 9,8 x 34,10)
= 451.82 N
= 0.45 kN

Bc = 17.05 m
Lc = 34.10 m
Sc = 581.49 m²

Pc = 515.91 kg/m²
g = 9.80 m/s²
Vs = 40.00 knot

√(g/Lc)/(2 x Vs²) = √(9,8/34,10)/(2 x 40²)
= 0.01

Bc/Lc = 14,70/36,74
= 0.50

ρw = Massa jenis air laut
= 1025.00 kg/m³

Cw = Koefisien hambatan gelombang
= 0.25
(Didapatkan dari Grafik 3.2 Buku *Theory and Design of Air Cushion*)

1.2. Hambatan Profil Aerodinamis

Ra = Ca x (ρa/2) x Sa x Vs² (Hal. 96)
= 0,4 x (1,22257/2) x 86 x 40²
= 33731.26 N
= 33.73 kN

Ca = Koefisien hambatan profil aerodinamis
= 0,4-0,6 (ACV)
(Diambil 0,4)

Sa = Area depan lambung hovercraft yang di atas air
= 20 x 4,3
= 86.00 m²

ρa = Massa jenis udara
= 1.2257 kg/m³

1.3. Hambatan Momentum Aerodinamis

Rm = Q x ρa x Vs
= 506,15 x 1,2257 x 40
= 24815.38 N
= 24.82 kN

Q' = koefisien aliran udara
= 0,015-0,030 (ACV)
(Diambil 0,030)

Q = Q' x Sc x √(2 x Pc/ρa)
= 0,03 x 581,49 x √(2 x 515,91 /1,2257)
= 506.15 m³/s

1.4. Hambatan Trim

Ra" = W tan Ψ' - Rw
= 300000 x tan 1° - 451,82
= 4648.18 N
= 4.65 kN

Ψ' = Sudut antara permukaan hovercraft dengan permukaan gelombang
= 1° (ACV)

tan Ψ' = tan 1°
= 0.017

1.5. Hambatan Skirt

Rsk = Rsk₁ + Rsk₂

Rsk₁ = Csk₁. 10^{-6} $(h/Lj)^{-0,34}$. Lj. $Sc^{0,5}$. qw
= 2,5 x 10^{-6} $(4/54)^{-0,34}$ x 54 x $581,49^{0,5}$. 82
= 6467.45 N
= 6.47 kN

Rsk₂ = Csk₂ x Rw
= 0,39 x 451,82
= 177.89 N
= 0.178 kN

Rsk = Rsk₁ + Rsk₂
= 6467,45 + 177,89
= 6645.34 N
= 6.65 kN

Csk₁ = Koefisien hambatan hidrodinamika
= 2,5-3,5
(Diambil 2,5)

Lj = Panjang total bantalan
= 54.00 m

Sj = Area kebocoran udara di bawah skirt
= 216.00 m²

h = Jarak rata-rata untuk kebocoran udara
h = Sj/Lj
= 4.00 m

qw = 0,5 x ρw x Vs²
= 0,5 x 1025,00 x 40²
= 820000.00 kg/m.s²

$(h/Lj)^{-0,34}$ = 2.42 m

Sc = 581.49 m²
$Sc^{0,5}$ = 24.11 m²

Pc/Lc = 15.13

$(Pc/Lc)^{-0,259}$ = 0.49

Csk_2 = Koefisien hambatan gelombang skirt
= 0.35 0.35
(Didapatkan dari grafik 3.15
Buku *Theory and Design of Air Cushion*)
atau
$Csk_2 = \{[2{,}8167 \times (Pc/Lc)^{-0{,}259}] - 1\}$
= 0.39

Rtot = Rw + Ra + Rm + Ra" + Rsk
= 451,82 + 33731,26 + 24815,38 + 4648,18 + 6645,34
= 70291.99 N
= 70.29 kN

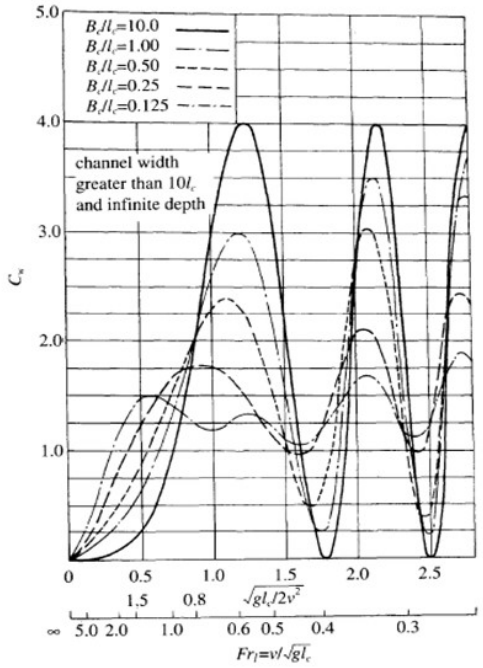


Fig. 3.2 C_w plotted against F_{rl} for constant L_c/B_c.

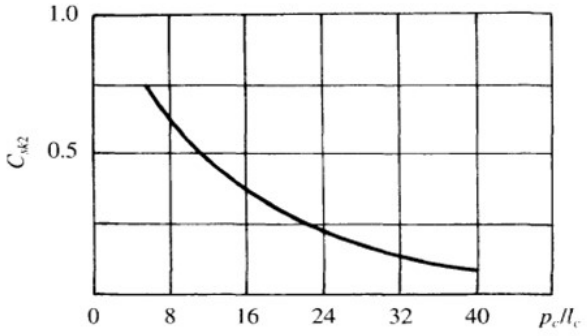


Fig. 3.15 Variation of skirt wave-making drag coefficient C_{sk2} with cushion length/beam ratio P_c/L_c.

1. Perhitungan Sistem Lifter

1.1. Volume Udara Angkat (Q) (Hal. 407)

$Q = Q' \times Sc \times \sqrt{(2 \times Pc/\rho a)}$
$= 0{,}03 \times 1500 \times \sqrt{(2 \times 515{,}91 / 1{,}2257)}$
$= 506.15 \ m^3/s$

Bc = 17.05 m g = 9.8 m/s²
Lc = 34.10 m Vs = 40.00 knot
Sc = 581.49 m² ρa = 1.2257 kg/m³
Pc = 515.91 kg/m² = 12.0119 N/m³
Q' = 0,015 - 0,030 (ACV)

1.2. Tekanan Total Fan (H) (Hal. 421)

$H = H' \times \rho a \times \mu_2^2$
$= 0{,}25 \times 12{,}0119 \times 110^2$
$= 36335.88 \ N/m.s$
$= 3707.74 \ kg/m.s$

H' = Koefisien tekanan total fan
= 0.25
μ_2 = Kecepatan melingkar fan impeller
= 80-110 m/s (*Airfoil Blade*)
(Diambil 110 m/s)

u_2 = circular velocity of the fan impeller (m/s)
= biasanya untuk airfoil blade
$80 < u_2 < 110 \ m/s$
ρ_a = 1,2257 kg / m^3

1.3. Daya Angkat (Nt) (Hal. 412)

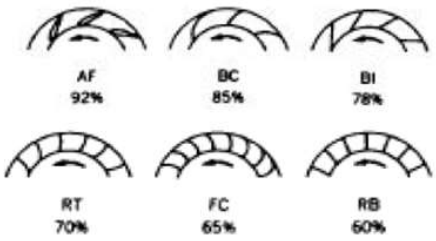
$Nt = (H \times Q) / (\eta f \times \eta t)$
$= (3707{,}74 \times 506{,}15) / (0{,}92 \times 0{,}97)$
$= 2102939.60$ Watt
$= 2859.20$ HP

ηf = Efisiensi fan
= 0.92 (*Airfoil Blade*)
ηt = Efisiensi transmisi
= 0.97
(Didapatkan dari Buku *Theory and Design of Air Cushion*)

1.4. Perencanaan Fan Centrifugal

a. Diameter Impeller (d_2)

$d_2 = \sqrt{(4 \times Q)/(Q' \times \mu_2 \times \pi)}$
$= \sqrt{(4 \times 506{,}15)/(0{,}030 \times 110 \times 3{,}14)}$
$= 13.98 \ m$



Gambar 2.5 Effisiensi Daun impeller

$\eta_i = 0.85$ inlet efficiency
$\eta_n = 0.99$ nozzle efficiency, leading to a first pass
$\eta_j = 0.72$ jet efficiency (Fig. 15.31)
$\eta_p = 0.91$ pump hydraulic efficiency
$\eta_r = 0.99$ relative rotative efficiency
$\eta_t = 0.97$ transmission efficiency

b. Diameter Impeller Daerah Input (d_1)

d_1 = (0,6-07) x d_2
= 0,6 x 13,98
= 8.39 m

c. Lebar Daun Impeller (b)

b = 0,46 x d_1
= 0,46 x 8,39
= 3.86 m

d. Perencanaan Scroll Housing

Rc_1 = 71,2% d_2
= 71,2% (13,98)
= 9.95 m

Rc_2 = 83,7% d_2
= 83,7% (13,98)
= 11.70 m

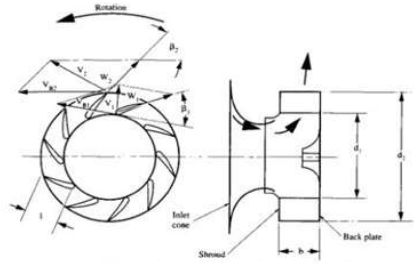
Rc_3 = 96,2% d_2
= 96,2% (13,98)
= 13.45 m

e. Lebar Scroll Housing (w)

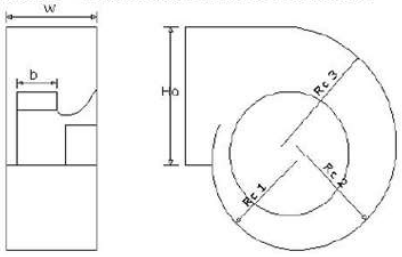
w = 75% d_2
= 75% (13,98)
= 10.48 m

f. Tinggi Outlet Scroll Housing (Ho)

Ho = 112% d_2
= 112% (13,98)
= 15.66 m



Gambar 2.6 Skematik Centrifugal Fan Impeller



Gambar 4.1 Skematic Scroll Housing Fan

2. Perhitungan Sistem Thruster

2.1. Gaya Dorong yang Diperlukan (T)

T = Rtot / (1-t)
= 70291,99 / 0,92
= 76404.33 N
= 76.40 kN

Vs = 40.00 knot
Rtot = 70291.99 N
(1-t) = Hambatan dorong
= 0.92

2.2. Daya Propulsi (NP)

NP = Vs x Rtot / (ηP x ηt)
= 40 x 70291,99 / (0,60 x 0,97)
= 4831064.26 Watt
= 6568.42 HP

J = *Advance ratio*
= 0,6-0,14 (Diambil 0,6)
ηp = Efisiensi propeller
= 0.60
(Didapatkan dari Grafik 15.7(b)
Buku *Theory Design Air Cushion Craft*)
ηt = Efisiensi transmisi
= 0.97
(Didapatkan dari Buku *Theory and Design of Air Cushion*)

2.3. Total Daya (N)

N = Nt + NP
= 2859,20 + 6568,42
= 9427.62 HP
= 6933.919018 kW

ε = Power mesin
= 10000 HP
(BM507A-2 RADIAL 112 Cylinder Series (2x 56 Cylinder combined)

N ≤ ε
9427.62 ≤ 10000

2.4. Perencanaan Propeller

a. Penentuan Diameter Air Propeller (D)

Daya (P) (kW)	Diameter (D) (m)
1838	6.0
2451.63	6.9
2501	7.0

10000 HP = 7355 kW
3 Thrust = 2451.63 kW

Menggunakan metode interpolasi berdasarkan data di Tabel 15.3 Buku *Theory and Design of Air Cushion*

Overall propulsive efficiency

If we consider the results of the calculation above and compare with open water propellers and the likely range for water jets, the following data are relevant:

Propeller	35 knots	Water jet typical	30–50 knots	Example 50 knots
η_0	0.663	η_{inlet}	0.80–0.95	0.85
		η_{jet}	0.70–0.85	0.72
		η_{pump}	0.85–0.95	0.91
		η_{nozzle}	0.99	0.99
η_t	0.97	η_t	0.97	0.97
η_H for $w = 0.05$, $t = 0.065$	0.985	η_H for $w = 0.05$, t = 0	1.052	1.052
η_D	0.633	η_{opc}	0.495–0.795	0.662

Table 15.3 Propeller diameter/tip speed relationship

Diameter (m)	RPM at tip speed			Typical power	
	175 m/s	165 m/s	150 m/s	kW	shp
0.5	6685	6303	5730	13	17
1.0	3342	3151	2865	51	68
1.5	2228	2101	1910	115	154
2.0	1671	1576	1432	204	274
2.5	1337	1261	1146	319	428
3.0	1114	1050	955	459	616
4.0	836	788	716	817	1095
5.0	668	630	573	1276	1711
6.0	557	525	477	1838	2464
7.0	477	450	409	2501	3353

b. Penentuan Blade Chord Air Propeller (c)

$$AF = \frac{}{10^5/D^5 \int_{r=0.1D}^{r=0.5D} c\, r^3\, dr}$$

$100 = 10^5/(6,9)^5\ ((c/4\ (143,778)-(c/4(0,230))$

$1000 = 608204,87c$

sehingga :

$c =$ 0.001644183

D = Diameter Propeller
= 6.9 m

AF = *Activity factor*
= 100-150 = 100
(Diambil 100)

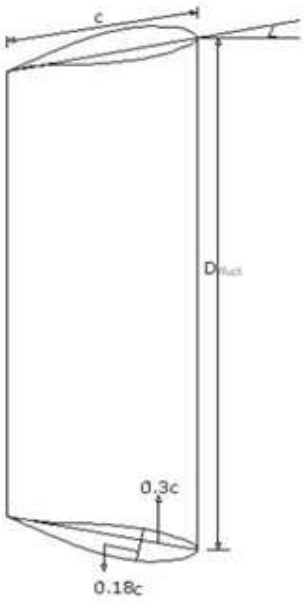
c. Perencanaan Duct Air Propeller

Diamater duct besarnya 90-115% diameter Air Propeller

D duct = 105% D
= 105% x 6,9
= 7.27 m

Sudut masuk atau kemiringan aerofoil 5°-10° dari chord line aerofoil, sedangkan panjang chord 0,4D -0,6 D.

c =0,4 x D
= 0,4 x 6,9
= 2.8 m



Gambar 4.2 Duct Air Propeller

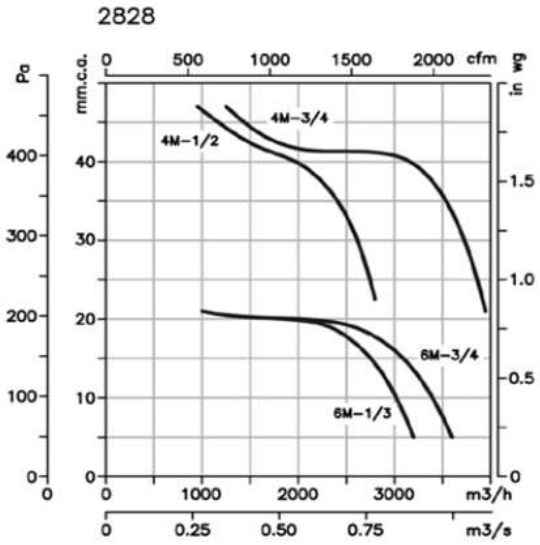
1. Tinggi Angkat Hovercraft (ta)

ta = Q / (H x Sc)

No.	Q (m^3/h)	Pe (Pa)	Sc (m^2)	ta (m)
1.	3129.37	450.00	581.49	0.01
2.	4511.13	410.00	581.49	0.02
3.	6047.21	370.00	581.49	0.03
4.	7428.95	370.00	581.49	0.03
5.	9087.56	320.00	581.49	0.05
6.	10647.58	275.00	581.49	0.07
7.	11900.00	155.00	581.49	0.13

(SODECA CBD-3939-6T 3)

Pe = Tekanan statis
Sc = Luas bantalan udara
Q = Volume udara angkat



(*Centrifugal Fans and In-Line Duct Extractors SODECA* halaman 37)

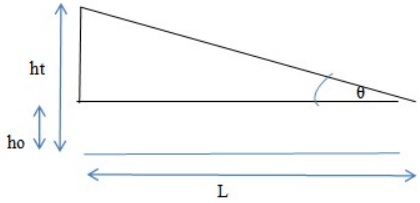
2. Hambatan di Darat

2.1. Tinggi Lintasan (ht)

ht = ho + (L x Tan θ)

No.	θ (°)	Tan θ	ho (m)	ht (m)
1.	0°	0.000	0.13	0.13
2.	1°	0.017	0.13	0.32
3.	2°	0.035	0.13	0.51
4.	3°	0.052	0.13	0.71
5.	4°	0.070	0.13	0.90
6.	5°	0.087	0.13	1.09

ho = ta maks
L = Panjang hovercraft
= 57.52 m
θ = Kemiringan lintasan (°)



3. Hambatan di Laut

3.1. Tinggi Gelombang Laut (Hw)

$Rw / (qw \times Lc \times Sc)^{0,15} = 20 \times 10^{-5} (2\,Hw'' / [hc + hf])^{1,67}$

$(2\,Hw'' / [hc + hf])^{5/3} = Rw / (20 \times 10^{-5} ((qw \times Lc \times Sc)^{0,15}))$

$(2\,Hw'' / [4{,}00 + 2{,}39])^{5/3} = 46{,}10 / (20 \times 10^{-5} ((820000 \times 34{,}10 \times 581{,}49)^{0,15}))$

$(2\,Hw'' / [4{,}00 + 2{,}39])^{5/3} = 0.18$

$(2\,Hw'' / [6{,}39])^{5/3} = 0.18$

$0{,}144\ Hw'' = 0.18$

$Hw'' = 1.26$ m

$Hw = 2 \times Hw''$

$Hw = 2.51$ m

Bc = 17.05 m
Lc = 34.10 m
Sc = 581.49 m²
Pc = 515.91 kg/m²
g = 9.8 m/s²
Vs = 40.00 knot

ρa = 1.2257 kg/m³

ρw = Massa jenis air
= 1025.00 kg/m³

qw = 0,5 x ρw x Vs²
= 0,5 x 1025,00 x 40²
= 820000.00 kg/m.s²

hc = Tinggi bantalan
= 4.00 m

hf = Tinggi *finger skirt*
= 2.39 m

Rw = Hambatan gelombang
= 46.10 kg

Hw'' = Setengah tinggi gelombang laut
Vw = Kecepatan gelombang laut

3.2. Panjang Gelombang Laut (Lw)

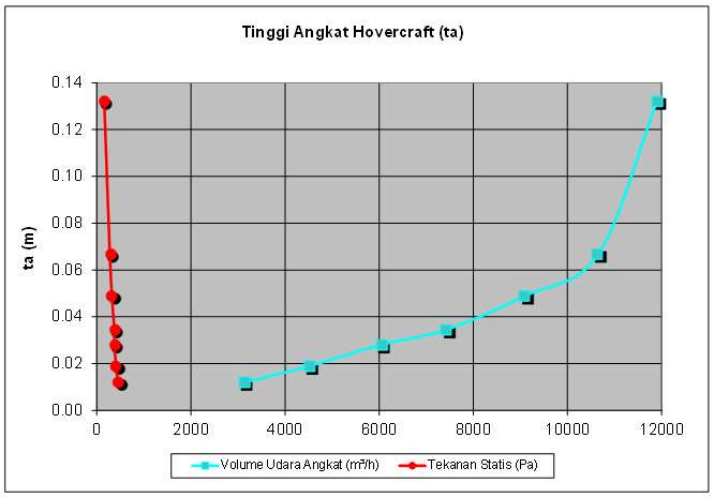
Hw = 0,1 Lw (untuk Lw < 38 m)

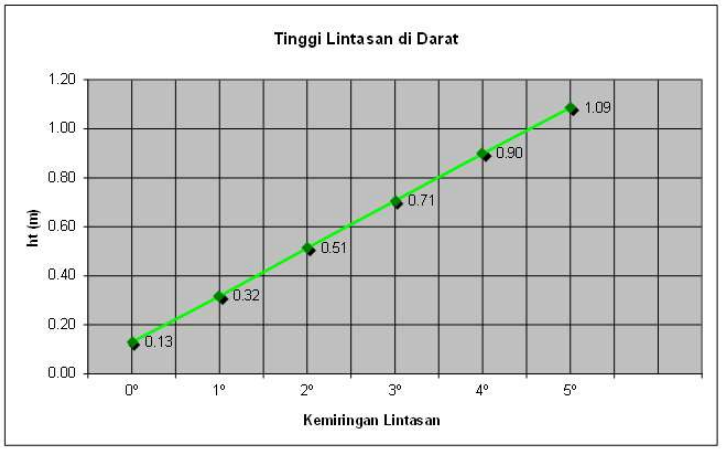
No.	Hw (m)	Lw (m)
1.	2.51	25.10
2.	2.01	20.10
3.	1.51	15.10
4.	1.01	10.10
5.	0.00	0.00

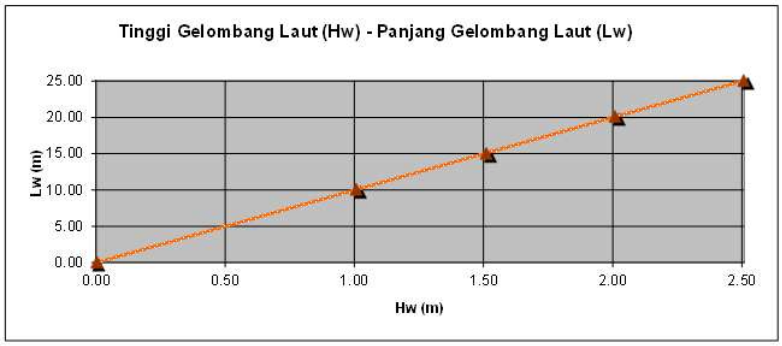
3.3. Kecepatan Gelombang Laut (Vw)

$Vw = 1{,}25\ (Lw^{0,5})$

No.	Lw (m)	Vw (m/s)
1.	25.10	6.26
2.	20.10	5.60
3.	15.10	4.86
4.	10.10	3.97
5.	0.00	0.00


Tinggi Angkat Hovercraft (ta)
ta (m)
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
Volume Udara Angkat (m³/h)
Tekanan Statis (Pa)


Tinggi Lintasan di Darat
ht (m)
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
0.13
0.32
0.51
0.71
0.90
1.09
0°
1°
2°
3°
4°
5°
Kemiringan Lintasan


Tinggi Gelombang Laut (Hw) - Panjang Gelombang Laut (Lw)
Lw (m)
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
Hw (m)

Panjang Gelombang Laut (Lw) - Kecepatan Gelombang Laut (Vw)
Vw (m/s)
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
Lw (m)

Order code

CBD — 2525 — 4M — 3/4 — 3V

- **CBD**: CBD: Centrifugal double-inlet fans with direct motor and impeller with forward-facing blades. CDB 3V: Centrifugal double-inlet fans with three-speed motor
- **2525**: Impeller size in mm

mm	inches
1919	7/7
2525	9/9
2828	10/10
3333	12/12
3939	15/15

- **4M**: Number of motor poles. 4=1400 r/min. 50 Hz, 6=900 r/min. 50 Hz
- **M**: T=Three-phase, M=Single-phase
- **3/4**: Power motor (c.v.)
- **3V**: With 3 speed motors

Model	Maximum Speed (r/min)	Equivalent in inches	Maximum admissible current (A) 230V	400V	Installed Power (kW)	Maximum Airflow (m^3/h)	Sound level dB(A)	Approx. weight (Kg)
CBD-1919-4M 1/5	1230	7/7	1.75		0.15	1520	59	7.0
CBD-1919-6M 1/10	820	7/7	0.98		0.07	1230	53	7.0
CBD-2525-4M 1/2	1320	9/9	3.30		0.37	2800	66	13.2
CBD-2525-4M 3/4	1310	9/9	4.50		0.55	3600	70	14.0
CBD-2525-6M 1/5	850	9/9	1.50		0.15	2200	60	11.5
CBD-2525-6M 1/3	830	9/9	2.40		0.25	2700	62	12.7
CBD-2828-4M 1/2	1320	10/10	3.30		0.37	2800	65	15.7
CBD-2828-4M 3/4	1310	10/10	4.50		0.55	3950	70	16.5
CBD-2828-6M 1/3	830	10/10	2.40		0.25	3200	62	15.2
CBD-2828-6M 3/4	900	10/10	4.40		0.55	3600	64	21.0
CBD-3333-6T 1 1/2	900	12/12	6.60	3.80	1.10	7800	75	24.5
CBD-3333-6M 3/4	850	12/12	5.00		0.55	4900	64	23.0
CBD-3333-6M 1	850	12/12	6.30		0.75	6000	71	24.0
CBD-3939-6T 3	890	15/15	10.90	6.30	2.20	11900	75	39.0
CBD-1919-4M 1/5 3V	1230	7/7	1.75		0.15	1520	59	7
CBD-2525-4M 1/2 3V	1320	9/9	3.3		0.37	2800	66	13.2
CBD-2525-4M 3/4 3V	1310	9/9	4.5		0.55	3600	70	14
CBD-2525-6M 1/3 3V	830	9/9	2.4		0.25	2700	62	12.7
CBD-2828-4M 1/2 3V	1320	10/10	3.3		0.37	2800	65	15.7
CBD-2828-4M 3/4 3V	1310	10/10	4.5		0.55	3950	70	16.5
CBD-2828-6M 1/3 3V	830	10/10	2.4		0.25	3200	62	15.2
CBD-2828-6M 3/4 3V	900	10/10	4.4		0.55	3600	64	21
CBD-3333-6M 3/4 3V	850	12/12	5		0.55	4900	64	23
CBD-3333-6M 1 3V	850	12/12	6.3		0.75	6000	71	24

1. A well-designed ACV may travel safely on cushion in the waves with maximum wave height of (1.3–1.5)h_{sk}, where h_{sk} denotes the height of the flexible skirt. The significant, or 'visible' wavelength will be in the range 0.80-1.0 h_{sk}. However, the speed loss will be high, up to 50% of calm water maximum speed, dependent on wind direction.
2. In the case where maximum wave height is approximately equal to 0.8h_{sk} the ACV should be able to travel normally at any course with respect to the direction of the waves, but with a speed loss of about 25%.
3. Due to the $h_{sk}/B_c \leqslant 0.17$ for meeting the stability requirements, so ACVs are able to operate normally on cushion in waves with height of less than (0.22–0.25)B_c, i.e. at normal angles of yaw and rates of sideslip

462 **Structural design**

where K_1 is the coefficient due to the wave-impacting force, and can be written as (Fig. 14.1) [4]

$$K_1 = \begin{cases} 1 + l_f/l_2 & l_f > 0, \text{ impact occurring forward of LCG} \\ 1 & l_f < 0, \text{ impact occurring aft of LCG} \end{cases}$$

and V_{rk} is the relative vertical velocity due to the craft and wave motion, at the section on which the impact force acts (m/s),

$$V_{rk} = \pi V_w \zeta_a / L_w + V_z \tag{14.3}$$

where L_w is the wavelength (m), V_z vertical velocity of hull section on which impact force acts (m/s). In the case of lack of experimental data, $V_z = 0.6$ m/s. V_s is the craft speed (m/s) and ζ_a the wave height, which can be written as

$$\left.\begin{array}{ll} \zeta_a = 0.1 L_w & \text{when } L_w < 38 \text{ m} \\ \zeta_a = 0.10 L_w^{0.5} & \text{when } L_w > 38 \text{ m} \end{array}\right\} \tag{14.4}$$

V_w is the wave speed (m/s):

$$V_w = 1.25 L_w^{0.5} \tag{14.5}$$

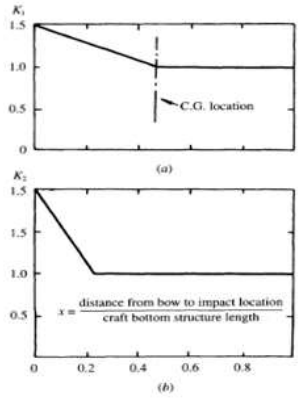


Fig. 14.1 Wave impact loading and pressure coefficients: (a) loading coefficient; (b) pressure coefficient.

Effect of skirts on seaworthiness of ACV/SES

Effect of skirt height

According to [4], the drag of ACV skirts in waves can be expressed as

$$R_{rw}/(q_w l_c S_c^{0.5}) = f\{2h_w/[h_c + h_f]\} = 20 \times 10^{-5} (2h_w/[h_c + h_f])^{5/3} \tag{8.107}$$

where R_{rw} is the skirt drag in waves (N), l_j the peripheral length of air cushion (m), S_c

the cushion area (m), h_w the half-wave height (m), h_c the cushion height (m), h_f the finger height (m) and

$$q_w = 0.5\, \rho_w V_s^2$$

where V_s is the craft speed (m/s) and ρ_w the water density (Ns^2/m^4). This equation can also be expressed graphically as in Fig. 8.30, which demonstrates the effect of cushion depth and finger height on the wave drag: the deeper the cushion, the smaller the wave drag.

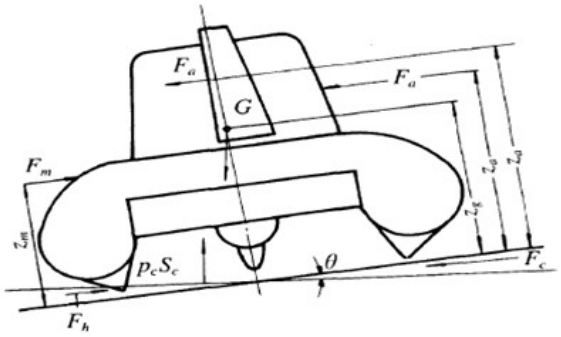


Fig. 6.13 Forces acting on an ACV when turning.

ψ = course direction of the craft
α = rudder angle
R = turning radius
m = craft mass
W = craft weight
θ = heeling angle of craft
F_a = force acting on rudder
z_g = VCG
z_a = arm of force exerting on rudder (distance from ground to the centre of force acting on rudder)
F_s = resistance due to air cushion and skirt
F_c = jetted thrust due to air leakage from cushion during turning manœuvre
F_m = air momentum force
z_m = distance from ground to the centre of air momentum force
F_a = aerodynamic profile drag
x_a = distance from ground to the centre of aerodynamic profile drag

C_{xh1}, C_{xh2}, C_{yh1}, C_{yh2} can all be measured in model tests in a towing tank or circulating water tunnel.

M_{xh} = hydrodynamic moments of cushion and skirts about the x axis
M_{zh} = hydrodynamic moment of cushion and skirt about the z axis
l_c = cushion length
C_{mzh} = corresponding hydrodynamic coefficient

$$C_{mzh} = C_{mzh1}\theta + C_{mzh2}\beta \tag{6.12}$$

where

$$C_{mzh1} = (\partial C_{mzh}/\partial\theta)\theta = \beta = 0$$
$$C_{mzh2} = (\partial C_{mzh}/\partial\beta)\theta = \beta = 0$$

Cushion force and moment

Cushion force and moment F_{yc}, M_{zc}, M_{xc} can be written as

$$F_{yc} = \rho_a Q_c V_j = \rho_a Q_c (2p_c/\rho_a)^{0.5} \tag{6.13}$$

where V_j is the jet velocity under the side skirt, p_c the cushion pressure, Q_c the jetted flow rate under the side skirt

$$Q_c = l_c h_c V_j \phi$$

where ϕ is the flow coefficient, h_c the craft hover height at heeling-up side

$$h_c = h_0 + 0.5B_c \tan\theta$$

h_0 the initial hover height and B_c the cushion beam.

1. Perhitungan Titik Berat (CG) dan Titik Lift (CL)

1.1. Titik Berat dan Titik Lift Saat Tidak Beroperasi:

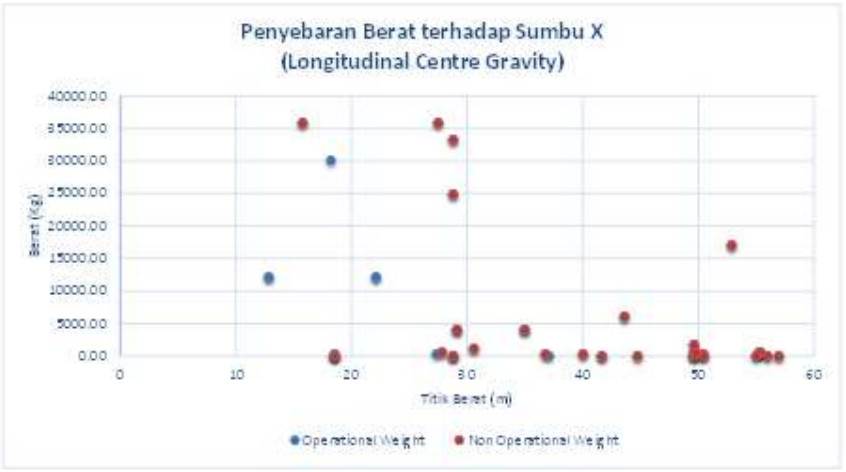
No.	Nama Bagian	Berat (W) (kg)	Jarak X (m)	Jarak Y (m)	Jarak Z (m)	WX (kg m)	WY (kg m)	WZ (kg m)	Keterangan
1	*Deathboard* & Alat Kemudi	604.80	27.842	12.85	0.00	16838.84	7768.66	0.00	Alumunium (*Density* 2700 kg/m³)
2	Kursi *Pilot & Co-Pilot*	20.87	28.81	12.50	0.00	601.04	260.82	0.00	Echo
3	*Pilot & Co-Pilot*	180.00	28.81	12.50	0.00	5185.08	2250.00	0.00	2 orang (1 orang = 90 kg)
4	Bangku Hollow Pasukan A	4131.00	29.095	4.78	0.00	120191.45	19746.18	0.00	Alumunium (l = 18 m ; b = 0,5 ; t = 0,45 m), for 45 pax
5	Bangku Hollow Pasukan B	4131.00	35	4.78	0.00	144585.00	19746.18	0.00	Alumunium (l = 18 m ; b = 0,5 ; t = 0,45 m), for 45 pax
6	Tangki Bahan Bakar	1782.00	49.6	4.21	0.00	88387.20	7500.44	0.00	1 = 1 m ; b = 2,2 m ; t =0,3 m
7	Alat Pemadam	31.50	49.67	6.06	-3.11	1564.61	190.89	-98.00	*Fire Extinguisher* ERRO EP-03 (4,5 kg)
8	Solar	534.41	49.6	4.21	0.00	26506.80	2249.34	0.00	*Density* 820 kg/m³
9	Bofor A 20 mm	75.00	18.50	9.96	-9.64	1387.80	747.30	-722.70	Meriam Oerlikon 20 mm
10	Bofor B 20 mm	75.00	18.50	9.96	9.64	1387.80	747.30	722.70	Meriam Oerlikon 20 mm
11	Tabung Gas Oksigen	40.00	49.66	5.555	-1.38	1986.44	222.20	-55.28	O2 1000 m³
12	Kasur Darurat Kiri	350.00	36.74	5.06	-2.15	12859.00	1769.25	-752.50	Ambulance Stretcher BIP ALK 102 900001 (10 unit)
13	Kasur Darurat Kanan	350.00	40.045	5.06	-2.15	14015.75	1769.25	-752.50	Ambulance Stretcher BIP ALK 102 900001 (10 unit)
14	Kursi Perawat	10.43	41.61	4.78	3.00	434.07	49.87	31.30	1 kursi (Echo)
15	Peralatan *Deck*	36000.00	27.41	7.66	0.00	986688.00	275616.00	0.00	
16	Peralatan *Hovercraft*	355.51	50.51	6.153	-4.77	17956.14	2187.46	-1695.08	
17	Peralatan Keselamatan	107.82	50.51	6.15	4.77	5445.77	663.42	514.09	Life Jacket & Fire Extinguisher
18	Sistem Dalam *Hovercraft*	6000.00	43.64	5.33	0.00	261852.00	31956.00	0.00	
19	Berat Peralatan Listrik	622.14	49.81	6.15	1.75	30987.74	3828.05	1088.75	
20	Berat Struktur Lambung	24913.97	28.78	6.53	0.00	717073.86	162613.48	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m³)
21	Berat Struktur Metal	33435.81	28.78	6.53	0.00	962349.52	218235.54	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m³)
22	Berat Bantalan	1260.00	30.62	2.02	0.00	38578.68	2545.20	0.00	Nitrile Rubber (Density 1020 kg/m³)
23	Berat *Ballast*	36000.00	15.75	4.26	0.00	566892.00	153180.00	0.00	Air (l = 6,5 m ; b = 4,00 m ; t =1,40 m)
24	*Centrifugal Fan*	39.00	44.81	9.26	0.00	1747.51	361.06	0.00	(SODECA CBD-3939-6T3)
25	*Engine*	17100.00	52.92	5.80	0.00	904897.80	99180.00	0.00	(BM507A-2 Radial 112 Cylinder Series)
26	*Propeller Thrust 1*	609.95	55.38	13.82	0.00	33779.42	8431.89	0.00	Alumunium (*Density* 2700 kg/m)
27	*Propeller Thrust 2*	609.95	55.38	13.82	7.00	33779.42	8431.89	4269.62	Alumunium (*Density* 2700 kg/m)
28	*Propeller Thrust 3*	609.95	55.38	13.82	-7.00	33779.42	8431.89	-4269.62	Alumunium (*Density* 2700 kg/m)
29	*Duct 1*	3.86	54.97	13.82	0.00	212.28	53.38	0.00	Alumunium (*Density* 2700 kg/m)
30	*Duct 2*	3.86	55.97	13.82	7.00	216.14	53.38	27.03	Alumunium (*Density* 2700 kg/m)
31	*Duct 3*	3.86	56.97	13.82	-7	220.00	53.38	-27.03	Alumunium (*Density* 2700 kg/m)
	ΣW =	169991.69	ΣWX; ΣWY; ΣWZ =			5032166.56	1040786.31	-1719.22	

	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	
Center of Gravity (CG) = ΣWX/ΣW ; ΣWY/ΣW ; ΣWZ/ΣW =	29.60	6.12	-0.01	m
Center of Lift (CL) =	29.60	-0.13	-0.01	m
Sumbu X : Longitudinal	dari	dari	dari	
Sumbu Y : Vertical	depan	base line	tengah	
Sumbu Z : Transversal				

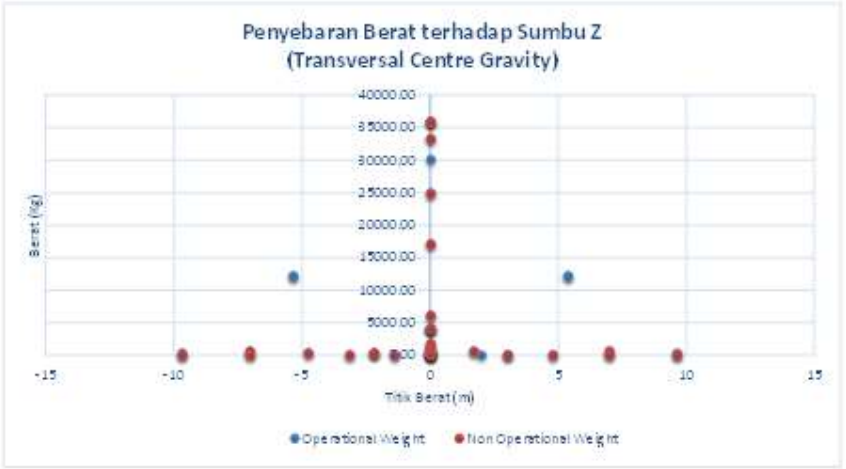
1.2. Titik Berat dan Titik Lift Saat Beroperasi :

No.	Nama Bagian	Berat (W) (kg)	Jarak X (m)	Jarak Y (m)	Jarak Z (m)	WX (kg m)	WY (kg m)	WZ (kg m)	Keterangan
1	*Dashboard* & Alat Kemudi	604.80	27.842	12.845	0	16838.84	7768.66	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m³)
2	Kursi *Pilot & Co-Pilot*	20.87	28.806	12.5	0	601.04	260.82	0.00	Echo
3	*Pilot & Co-Pilot*	180.00	28.806	12.5	0	5185.08	2250.00	0.00	2 orang (1 orang = 90 kg)
4	Bangku Hollow Pasukan A	4131.00	29.095	4.78	0	120191.45	19746.18	0.00	Alumunium (l = 18 m ; b = 0,5 ; t = 0,45 m), for 45 pax
5	Bangku Hollow Pasukan B	4131.00	35	4.78	0	144585.00	19746.18	0.00	Alumunium (l = 18 m ; b = 0,5 ; t = 0,45 m), for 45 pax
6	Tangki Bahan Bakar	1782.00	49.6	4.209	0	88387.20	7500.44	0.00	l = 1 m ; b = 2,2 m ; t =0,3 m
7	Alat Pemadam	31.50	49.67	6.06	-3.111	1564.61	190.89	-98.00	Fire Extinguisher ERRO EP-03 (4,5 kg)
8	Solar	534.41	49.6	4.209	0	26506.80	2249.34	0.00	Density 820 kg/m³
9	Bofor A 20 mm	75.00	18.504	9.964	-9.636	1387.80	747.30	-722.70	Meriam Oerlikon 20 mm
10	Bofor B 20 mm	75.00	18.504	9.964	9.636	1387.80	747.30	722.70	Meriam Oerlikon 20 mm
11	Amunisi Bofor A 20 mm	240.00	18.50	9.96	-9.64	4440.96	2391.36	-2312.64	20 mm Caliber PT. PINDAD
12	Amunisi Bofor B 20 mm	240.00	18.50	9.96	9.64	4440.96	2391.36	2312.64	20 mm Caliber PT. PINDAD
13	Tank Harimau	30000.00	18.20	5.78	0.00	545880.00	173490.00	0.00	Harimau Medium Tank PT. PINDAD
14	Anoa Amphibious 1	12300.00	12.78	5.87	-5.36	157181.70	72201.00	-65903.40	Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD
15	Anoa Amphibious 2	12300.00	12.78	5.87	5.36	157181.70	72201.00	65903.40	Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD
16	Anoa Amphibious 3	12300.00	22.12	5.87	-5.36	272051.40	72201.00	-65903.40	Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD
17	Anoa Amphibious 4	12300.00	22.12	5.87	5.36	272051.40	72201.00	65903.40	Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD
18	Pasukan Elit Khusus A	4050.00	29.10	4.78	0.00	117834.75	19359.00	0.00	
19	Pasukan Elit Khusus B	4050.00	35.00	4.78	0.00	141750.00	19359.00	0.00	
20	Tabung Gas Oksigen	40.00	49.66	5.56	-1.38	1986.44	222.20	-55.28	O2 1000 m³
21	Kasur Darurat Kiri	350.00	36.74	5.055	-2.15	12859.00	1769.25	-752.50	Ambulance Stretcher BIP ALK 102 900001 (10 unit)
22	Kasur Darurat Kanan	350.00	40.045	5.055	-2.15	14015.75	1769.25	-752.50	Ambulance Stretcher BIP ALK 102 900001 (10 unit)
23	Peralatan Medis	70.00	37.09	5.30	2.04	2596.37	370.65	142.45	Fieldtex Back Pack Red
24	Kursi Perawat	10.43	41.61	4.78	3.07	434.07	49.87	31.98	1 kursi (Echo)
25	Perawat	90.00	41.61	4.78	3.07	3744.63	430.20	275.85	1orang = 90 kg
26	Senjata Senapan Serbu 90 unit	342.00	27.33	5.13	0.00	9348.23	1753.09	0.00	Pindad SS2
27	Peralatan *Deck*	36000.00	27.41	7.66	0.00	986688.00	275616.00	0.00	
28	Peralatan *Hovercraft*	355.51	50.51	6.15	-4.77	17956.14	2187.46	-1695.08	
29	Peralatan Keselamatan	107.82	50.51	6.15	4.77	5445.77	663.42	514.09	Life Jacket & Fire Extinguisher
30	Sistem Dalam *Hovercraft*	6000.00	43.64	5.33	0.00	261852.00	31956.00	0.00	
31	Berat Peralatan Listrik	622.14	49.81	6.15	1.75	30987.74	3828.05	1088.75	
32	Berat Struktur Lambung	24913.97	28.78	6.53	0.00	717073.86	162613.48	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m³)
33	Berat Struktur Metal	33435.81	28.78	6.53	0.00	962349.52	218235.54	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m³)
34	Berat Bantalan	1260.00	30.62	2.02	0.00	38578.68	2545.20	0.00	Nitrile Rubber (Density 1020 kg/m³)
35	Berat *Ballast*	36000.00	15.75	4.26	0.00	566892.00	153180.00	0.00	Air (l = 6,5 m ; b = 4,00 m ; t =1,40 m)
36	*Centrifugal Fan*	39.00	44.81	9.26	0.00	1747.51	361.06	0.00	(SODECA CBD-3939-6T3)
37	*Engine*	17100.00	52.92	5.80	0.00	904897.80	99180.00	0.00	(BM507A-2 Radial 112 Cylinder Series)
38	*Propeller Thrust 1*	609.95	55.38	13.82	0.00	33779.42	8431.89	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m)
39	*Propeller Thrust 2*	609.95	55.38	13.82	7.00	33779.42	8431.89	4269.62	Alumunium (Density 2700 kg/m)
40	*Propeller Thrust 3*	609.95	55.38	13.82	-7.00	33779.42	8431.89	-4269.62	Alumunium (Density 2700 kg/m)
41	*Duct 1*	3.86	54.97	13.82	0.00	212.28	53.38	0.00	Alumunium (Density 2700 kg/m)
42	*Duct 2*	3.86	55.97	13.82	7.00	216.14	53.38	27.03	Alumunium (Density 2700 kg/m)
43	*Duct 3*	3.86	56.97	13.82	-7.00	220.00	53.38	-27.03	Alumunium (Density 2700 kg/m)
	ΣW =	258269.82		ΣWX; ΣWY; ΣWZ =		6720668.66	1549134.97	-1273.21	

	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z	
Center of Gravity (CG) = ΣWX/ΣW ; ΣWY/ΣW ; ΣWZ/ΣW =	26.02	6.00	0.00	m
Center of Lift (CL) =	26.02	-0.13	0.00	m
Sumbu X : Longitudinal	dari	dari	dari	
Sumbu Y : Vertical	depan	base line	tengah	
Sumbu Z : Transversal				


Penyebaran Berat terhadap Sumbu X
(Longitudinal Centre Gravity)
Berat (Kg)
Titik Berat (m)
Operational Weight
Non Operational Weight

Penyebaran Berat terhadap Sumbu Y
(Vertical Centre Gravity)
Berat (Kg)
Titik Berat (m)
Operational Weight
Non Operational Weight


Penyebaran Berat terhadap Sumbu Z
(Transversal Centre Gravity)
Berat (Kg)
Titik Berat (m)
Operational Weight
Non Operational Weight

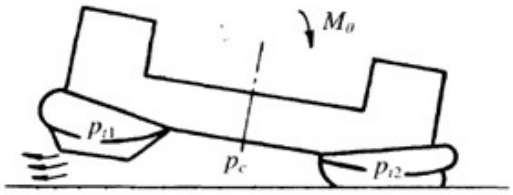


Fig. 4.29 Influence of pericell type skirt on craft stability.

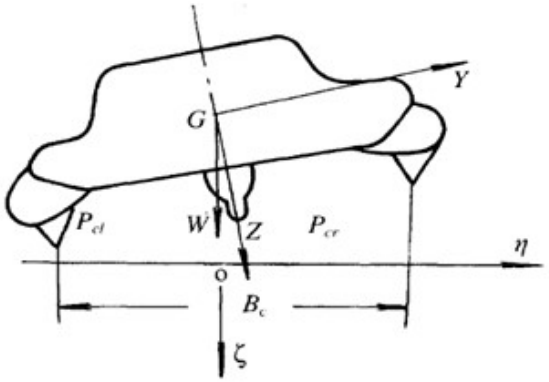


Fig. 4.32 Coordinate system of craft for stability.

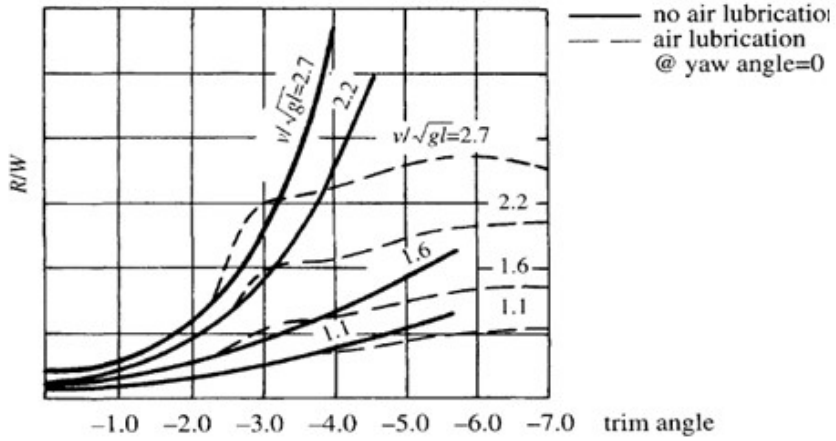


Fig. 4.52 Relation between the lift-drag ratio and trim angle of ACV.

1. Analisa Stabilitas Hovercraft

Beberapa aturan sederhana untuk menganalisa stabilitas hovercraft :

Static stability
Pitch: $h/L_c > 0.05p_c$ (metres)
Roll: $h/B_c > 0.08p_c$

Dynamic stability
Pitch: $h/L_c > 0.05p_c$
Roll: $h/B_c > 0.08p_c$
Yaw: $h/L_c > 0.02p_c$

(Dari Buku *Theory and Design of Air Cushion Craft* halaman 137)

1. Volume Hovercraft (V)

V = Lc x Bc x Tc
= 54 x 34 x 4
= 7344.00 m³

Lc = Panjang total
= 54.00 m
Bc = Lebar total
= 34.00 m
Tc = Tinggi bantalan
= 4.00 m

2. Momen Inersia (I)

I = 1/12 x W x B²
= 1/12 x 169991,69 x 34²
= 16375865.78 kg m²

I = 1/12 x W x B²
= 1/12 x 258269,82 x 34²
= 24879993.12 kg m²

W_1 = ΣW Tidak Beroperasi
= 169991.69 kg

W_2 = ΣW Operasi
= 258269.82 kg

3. Titik Lift ke Metasentra (LM)

LM Tidak Beroperasi = I / V
= 16375865,78 / 7344
= 2229.83 m

LM Operasi = I / V
= 24879993,12 / 7344
= 3387.80 m

4. Titik Gravitasi ke Metasentra (GM)

GM Tidak Beroperasi = LM - LG
= 2229,83 - (6,12-(-0,13))
= 2223.57 m

GM Operasi = LM - LG
= 3387,80 - (6,00-(-0,13))
= 3381.67 m

5. Stabilitas Saat Tidak Beroperasi

5.1. Stabilitas Statis

Pitching :

h / Lc	>	0,05 x Pc
2223,57 / 34,10	>	0,05 x 515,91
65.20	>	25.80

Rolling :

h / Bc	>	0,08 x Pc
2223,57 / 17,05	>	0,08 x 515,91
130.41	>	41.27

h = Tinggi metasentra (GM)
= 2223.57 m
Bc = Lebar bantalan
= 17.05 m
Lc = Panjang bantalan
= 34.10 m
Pc = Tekanan bantalan
= 515.91 kg/m²

5.2. Stabilitas Dinamis

Pitching :

h / Lc	>	0,05 x Pc
2223,57 / 34,10	>	0,05 x 515,91
65.20	>	25.80

Rolling :

h / Bc	>	0,08 x Pc
2223,57 / 17,05	>	0,058x 515,91
130.41	>	41.27

Yawing :

h / Lc	>	0,02 x Pc
2223,57 / 34,10	>	0,02 x 515,91
65.20	>	10.32

6. Stabilitas Saat Beroperasi

6.1. Stabilitas Statis

Pitching :

h / Lc	>	0,05 x Pc
3381,67 / 34,10	>	0,05 x 515,91
99.16	>	25.80

Rolling :

h / Bc	>	0,08 x Pc
3381,67 / 17,05	>	0,08 x 515,91
198.32	>	41.27

h = Tinggi metasentra (GM)
= 3381.67 m
Bc = Lebar bantalan
= 17.05 m
Lc = Panjang bantalan
= 34.10 m
Pc = Tekanan bantalan
= 515.91 kg/m²

6.2. Stabilitas Dinamis

Pitching :

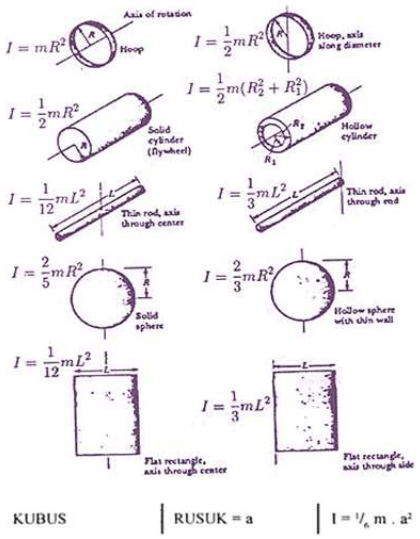
h / Lc	>	0,05 x Pc
3381,67 / 34,10	>	0,05 x 515,91
99.16	>	25.80

Rolling :

h / Bc	>	0,08 x Pc
3381,67 / 17,05	>	0,08 x 515,91
198.32	>	41.27

Yawing :

h / Lc	>	0,02 x Pc
3381,67 / 34,10	>	0,02 x 515,91
99.16	>	10.32



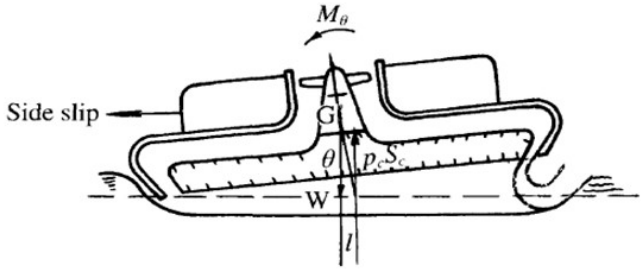


Fig. 4.26 Heeling of an ACV without air cushion compartmentation on water.

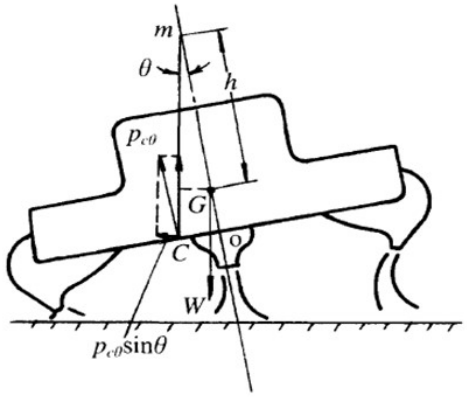


Fig. 4.27 Heeling of an ACV with air cushion compartmentation on rigid surface.

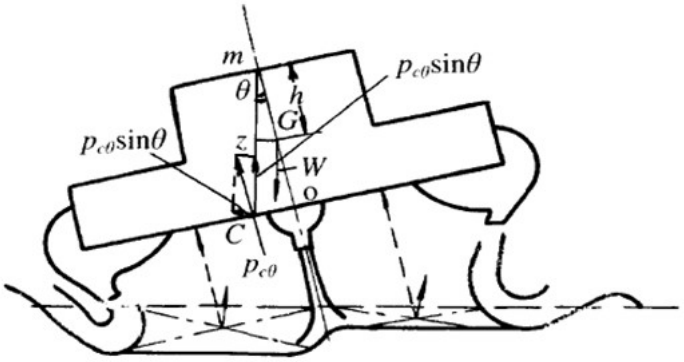


Fig. 4.28 Heeling of an ACV with air cushion compartmentation on water.

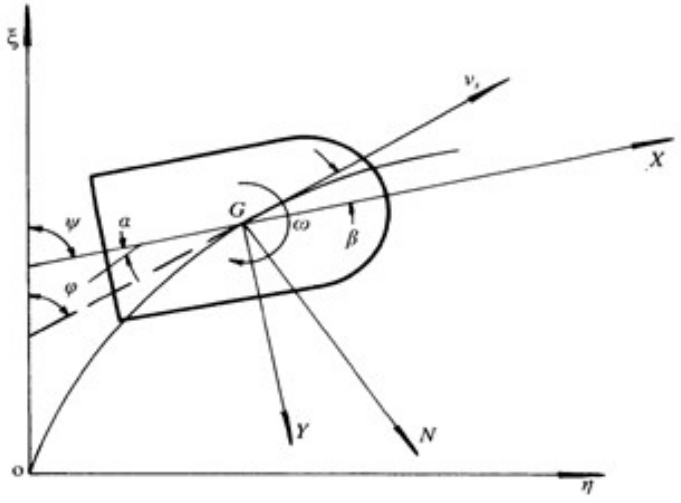


Fig. 6.12 Operation track nomenclature for ACV in turning manœuvres.

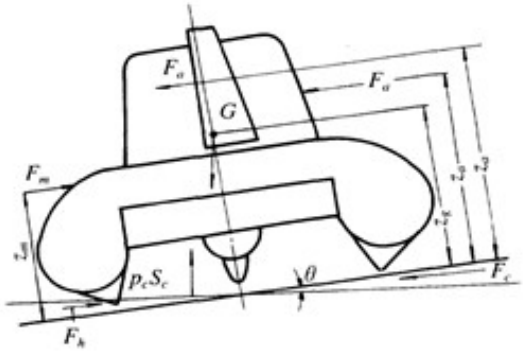


Fig. 6.13 Forces acting on an ACV when turning.

16. Manuver Hovercraft

1. Persamaan Gerak saat Manuver

1.1. Surging

$Fx = (0,5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca) - (0,5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch) - (\rho a \times Vs \times Q \times \sin \beta) + Fxp$

No.	θ (°)	β (°)	Sin β	S (θ, β) (m²)	Fx (1x10⁴ N) 30 Knot	Fx (1x10⁴ N) 35 Knot	Fx (1x10⁴ N) 40 Knot
1.	0°	0°	0.000	0.00	-8.8250	-12.0119	-15.6890
2.	0°	5°	0.087	0.00	-8.9870	-12.2008	-15.9049
3.	0°	10°	0.174	0.00	-9.1489	-12.3897	-16.1207
4.	0°	15°	0.256	0.00	-9.3015	-12.5677	-16.3242
5.	0°	20°	0.342	0.00	-9.4616	-12.7545	-16.5376
6.	0°	25°	0.423	0.00	-9.6123	-12.9303	-16.7387
7.	0°	30°	0.500	0.00	-9.7556	-13.0975	-16.9297
8.	0°	35°	0.574	0.00	-9.8933	-13.2582	-17.1134
9.	0°	40°	0.643	0.00	-10.0218	-13.4080	-17.2846
10.	0°	45°	0.707	0.00	-10.1409	-13.5470	-17.4434
11.	0°	50°	0.766	0.00	-10.2507	-13.6751	-17.5898
12.	0°	55°	0.819	0.00	-10.3493	-13.7902	-17.7213
13.	0°	60°	0.866	0.00	-10.4368	-13.8922	-17.8380
14.	0°	65°	0.906	0.00	-10.5112	-13.9791	-17.9372
15.	0°	70°	0.940	0.00	-10.5745	-14.0529	-18.0216
16.	0°	75°	0.966	0.00	-10.6229	-14.1094	-18.0861
17.	0°	80°	0.985	0.00	-10.6583	-14.1506	-18.1333
18.	0°	85°	0.996	0.00	-10.6787	-14.1745	-18.1606
19.	0°	90°	1.000	0.00	-10.6862	-14.1832	-18.1705
20.	0°	95°	0.996	0.00	-10.6787	-14.1745	-18.1606
21.	0°	100°	0.985	0.00	-10.6583	-14.1506	-18.1333
22.	0°	105°	0.966	0.00	-10.6229	-14.1094	-18.0861
23.	0°	110°	0.940	0.00	-10.5745	-14.0529	-18.0216
24.	0°	115°	0.906	0.00	-10.5112	-13.9791	-17.9372
25.	0°	120°	0.866	0.00	-10.4368	-13.8922	-17.8380
26.	0°	125°	0.819	0.00	-10.3493	-13.7902	-17.7213
27.	0°	130°	0.766	0.00	-10.2507	-13.6751	-17.5898
28.	0°	135°	0.707	0.00	-10.1409	-13.5470	-17.4434
29.	0°	140°	0.643	0.00	-10.0218	-13.4080	-17.2846
30.	0°	145°	0.574	0.00	-9.8933	-13.2582	-17.1134
31.	0°	150°	0.500	0.00	-9.7556	-13.0975	-16.9297
32.	0°	155°	0.423	0.00	-9.6123	-12.9303	-16.7387
33.	0°	160°	0.342	0.00	-9.4616	-12.7545	-16.5376
34.	0°	165°	0.256	0.00	-9.3015	-12.5677	-16.3242
35.	0°	170°	0.174	0.00	-9.1489	-12.3897	-16.1207
36.	0°	175°	0.087	0.00	-8.9870	-12.2008	-15.9049
37.	0°	180°	0.000	0.00	-8.8250	-12.0119	-15.6890

Sc = Luas bantalan (m^2)
Pc = Tekanan bantalan (kg/m^2)
Vs = Kecepatan (Knot)

Ca = Koefisien hambatan aerodinamis
= 0,4-0,6 (ACV)
(Diambil 0,4)

Sa = *Area lateral of Hull, Superstructure, Rudder, Air Duct*
= 2 x (50 x 4)
= 400.00 m^2

ρa = Massa jenis udara
= 1.2257 kg/m^3

φ = Koefisien aliran udara
= 0,015-0,030 (ACV)
(Diambil 0,030)

Q = Volume udara angkat
= 506.15 m^3/s

ρw = Massa jenis air laut
= 1025 kg/m^3

Ch = Koefisien hidrodinamis
= 2,5-3,5
(Diambil 2,5)

= 581.49 m^2
= 515.91 kg/m^2
= 40 knot

1.2 Yawing

$Fy = (0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca) - (0{,}5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch) - (\rho a \times Vs \times Q \times \sin \beta) - (2 \times Lc \times Pc \times \varphi (0{,}5 \times Bc \times \tan \theta + h_o)$

No.	θ (°)	β (°)	Tan θ	Sin β	S (θ, β) (m²)	Fy (1x10⁴ N) 30 Knot	Fy (1x10⁴ N) 35 Knot	Fy (1x10⁴ N) 40 Knot
1.	0°	0°	0.000	0.000	0.00	-8.84	-12.03	-15.70
2.	0°	5°	0.087	0.087	0.00	-9.08	-12.29	-16.00
3.	0°	10°	0.177	0.174	0.00	-9.32	-12.56	-16.29
4.	0°	15°	0.265	0.256	0.00	-9.55	-12.82	-16.58
5.	0°	20°	0.364	0.342	0.00	-9.80	-13.10	-16.88
6.	0°	25°	0.457	0.423	0.00	-10.05	-13.36	-17.17
7.	0°	30°	0.577	0.500	0.00	-10.29	-13.63	-17.46
8.	0°	35°	0.701	0.574	0.00	-10.54	-13.90	-17.76
9.	0°	40°	0.839	0.643	0.00	-10.79	-14.18	-18.05
10.	0°	45°	1.000	0.707	0.00	-11.05	-14.46	-18.36
11.	0°	50°	1.191	0.766	0.00	-11.34	-14.76	-18.68
12.	0°	55°	1.427	0.819	0.00	-11.65	-15.09	-19.02
13.	0°	60°	1.732	0.866	0.00	-12.01	-15.46	-19.41
14.	0°	65°	2.142	0.906	0.00	-12.45	-15.92	-19.88
15.	0°	70°	2.749	0.940	0.00	-13.06	-16.54	-20.51
16.	0°	75°	3.715	0.966	0.00	-13.98	-17.47	-21.44
17.	0°	80°	5.661	0.985	0.00	-15.77	-19.26	-23.24
18.	0°	85°	11.448	0.996	0.00	-20.99	-24.49	-28.48
19.	0°	95°	11.448	0.996	0.00	-20.99	-24.49	-28.48
20.	0°	100°	5.661	0.985	0.00	-15.77	-19.26	-23.24
21.	0°	105°	3.715	0.966	0.00	-13.98	-17.47	-21.44
22.	0°	110°	2.749	0.940	0.00	-13.06	-16.54	-20.51
23.	0°	115°	2.142	0.906	0.00	-12.45	-15.92	-19.88
24.	0°	120°	1.732	0.866	0.00	-12.01	-15.46	-19.41
25.	0°	125°	1.427	0.819	0.00	-11.65	-15.09	-19.02
26.	0°	130°	1.191	0.766	0.00	-11.34	-14.76	-18.68
27.	0°	135°	1.000	0.707	0.00	-11.05	-14.46	-18.36
28.	0°	140°	0.839	0.643	0.00	-10.79	-14.18	-18.05
29.	0°	145°	0.701	0.574	0.00	-10.54	-13.90	-17.76
30.	0°	150°	0.577	0.500	0.00	-10.29	-13.63	-17.46
31.	0°	155°	0.457	0.423	0.00	-10.05	-13.36	-17.17
32.	0°	160°	0.364	0.342	0.00	-9.80	-13.10	-16.88
33.	0°	165°	0.265	0.256	0.00	-9.55	-12.82	-16.58
34.	0°	170°	0.177	0.174	0.00	-9.32	-12.56	-16.29
35.	0°	175°	0.087	0.087	0.00	-9.08	-12.29	-16.00

Tan 90° & 180° tidak dapat didefinisikan

Sc = Luas bantalan (m²)
Pc = Tekanan bantalan (kg/m²)
Vs = Kecepatan (Knot)

Ca = Koefisien hambatan aerodinamis
= 0,4-0,6 (ACV)
(Diambil 0,4)

Sa = *Area lateral of Hull, Superstructure, Rudder, Air Duct*
= 2 x (50 x 4)
= 400.00 m²

ρa = Massa jenis udara
= 1.2257 kg/m³

φ = Koefisien aliran udara
= 0,015-0,030 (ACV)
(Diambil 0,030)

Q = Volume udara angkat
= 506.15 m³/s

ρw = Massa jenis air laut
= 1025 kg/m³

Ch = Koefisien hidrodinamis
= 2,5-3,5
(Diambil 2,5)

ho = Tinggi angkat hovercraft
= 0.13 m

1.3. Swaying

$Mz = (0,5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca \times La) - (0,5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch \times Lc)$
$- (\rho a \times Vs \times Q \times \cos\beta \times Lgm) - (2 \times Lc \times Pc \times \varphi (0,5 \times Pc \times \tan\theta + h_o) \times Lgc)$

No	θ (°)	β (°)	Tan θ	Cos β	S (θ, β) (m²)	Mz (1x10⁴ N. m) 30 Knot	Mz (1x10⁴ N. m) 35 Knot	Mz (1x10⁴ N. m) 40 Knot
1.	0°	0°	0.000	1.000	0.00	-504.87	-681.67	-884.95
2.	0°	5°	0.087	0.996	0.00	-506.75	-683.54	-886.80
3.	0°	10°	0.177	0.985	0.00	-508.48	-685.22	-888.43
4.	0°	15°	0.265	0.966	0.00	-509.97	-686.61	-889.73
5.	0°	20°	0.364	0.940	0.00	-511.49	-688.01	-891.01
6.	0°	25°	0.467	0.906	0.00	-512.89	-689.25	-892.09
7.	0°	30°	0.577	0.866	0.00	-514.28	-690.45	-893.10
8.	0°	35°	0.701	0.819	0.00	-515.78	-691.73	-894.15
9.	0°	40°	0.839	0.766	0.00	-517.44	-693.15	-895.32
10.	0°	45°	1.000	0.707	0.00	-519.45	-694.87	-896.77
11.	0°	50°	1.191	0.643	0.00	-522.01	-697.13	-898.73
12.	0°	55°	1.427	0.574	0.00	-525.45	-700.24	-901.51
13.	0°	60°	1.732	0.500	0.00	-530.33	-704.78	-905.70
14.	0°	65°	2.142	0.423	0.00	-537.53	-711.61	-912.17
15.	0°	70°	2.749	0.342	0.00	-549.11	-722.81	-922.99
16.	0°	75°	3.715	0.260	0.00	-568.90	-742.22	-942.01
17.	0°	80°	5.661	0.174	0.00	-610.97	-783.88	-983.26
18.	0°	85°	11.448	0.087	0.00	-740.87	-913.37	-1112.35
19.	0°	95°	11.448	0.087	0.00	-740.87	-913.37	-1112.35
20.	0°	100°	5.661	0.174	0.00	-610.97	-783.88	-983.26
21.	0°	105°	3.715	0.260	0.00	-568.90	-742.22	-942.01
22.	0°	110°	2.749	0.342	0.00	-549.11	-722.81	-922.99
23.	0°	115°	2.142	0.423	0.00	-537.53	-711.61	-912.17
24.	0°	120°	1.732	0.500	0.00	-530.33	-704.78	-905.70
25.	0°	125°	1.427	0.574	0.00	-525.45	-700.24	-901.51
26.	0°	130°	1.191	0.643	0.00	-522.01	-697.13	-898.73
27.	0°	135°	1.000	0.707	0.00	-519.45	-694.87	-896.77
28.	0°	140°	0.839	0.766	0.00	-517.44	-693.15	-895.32
29.	0°	145°	0.701	0.819	0.00	-515.78	-691.73	-894.15
30.	0°	150°	0.577	0.866	0.00	-514.28	-690.45	-893.10
31.	0°	155°	0.467	0.906	0.00	-512.89	-689.25	-892.09
32.	0°	160°	0.364	0.940	0.00	-511.49	-688.01	-891.01
33.	0°	165°	0.265	0.966	0.00	-509.97	-686.61	-889.73
34.	0°	170°	0.177	0.985	0.00	-508.48	-685.22	-888.43
35.	0°	175°	0.087	0.996	0.00	-506.75	-683.54	-886.80

Tan 90° & 180° tidak dapat didefinisikan

Sc = Luas bantalan (m²)
Pc = Tekanan bantalan (kg/m²)
Vs = Kecepatan (Knot)

Ca = Koefisien hambatan aerodinamis
= 0,4-0,6 (ACV)
(Diambil 0,4)

Sa = *Area lateral of Hull, Superstructure, Rudder, Air Duct*
= 2 x (50 x 4)
= 400.00 m²

ρa = Massa jenis udara
= 1.2257 kg/m³

φ = Koefisien aliran udara
= 0,015-0,030 (ACV)
(Diambil 0,030)

Q = Volume udara angkat
= 506.15 m³/s

ρw = Massa jenis air laut
= 1025 kg/m³

Ch = Koefisien hidrodinamis
= 2,5-3,5
(Diambil 2,5)

ho = Tinggi angkat hovercraft
= 0.13 m

Lgc = Jarak CG memanjang ke Midship
Lgm = Jarak CG memanjang ke garis tengah Fan
h = Tinggi metasentra

1.4 Rolling

$Mx = (0,5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times Ca \times Za) - (0,5 \times \rho w \times Vs^2 \times S(\theta, \beta) \times Ch \times Zg)$
$- (\rho a \times Vs \times Q \times \sin \beta \times (Zm - Zg)) - (2 \times Lc \times Pc \times \varphi (0,5 \times Pc \times \tan \theta + h_o) \times Zg) - (W \times h \times \tan \theta)$

Rolling Saat Tidak Beroperasi :

No.	θ (°)	β (°)	Tan θ	Sin β	S (θ, β) (m²)	Mx (1x10⁴ N. m) 30 Knot	Mx (1x10⁴ N. m) 35 Knot	Mx (1x10⁴ N. m) 40 Knot
1.	0°	0°	0.000	0.000	0.00	-122.40	-166.56	-217.51
2.	0°	5°	0.087	0.087	0.00	-3444.13	-3488.16	-3540.01
3.	0°	10°	0.177	0.174	0.00	-6840.07	-6883.97	-6936.72
4.	0°	15°	0.265	0.256	0.00	-10200.31	-10244.09	-10297.68
5.	0°	20°	0.364	0.342	0.00	-13958.34	-14001.99	-14056.46
6.	0°	25°	0.467	0.423	0.00	-17877.62	-17921.15	-17976.46
7.	0°	30°	0.577	0.500	0.00	-22079.25	-22122.67	-22178.77
8.	0°	35°	0.701	0.574	0.00	-26775.68	-26818.99	-26875.85
9.	0°	40°	0.839	0.643	0.00	-32045.87	-32089.08	-32146.66
10.	0°	45°	1.000	0.707	0.00	-38153.06	-38196.18	-38254.41
11.	0°	50°	1.191	0.766	0.00	-45428.65	-45471.68	-45530.52
12.	0°	55°	1.427	0.819	0.00	-54387.34	-54430.29	-54489.67
13.	0°	60°	1.732	0.866	0.00	-65994.67	-66037.55	-66097.42
14.	0°	65°	2.142	0.906	0.00	-81583.51	-81626.34	-81686.62
15.	0°	70°	2.749	0.940	0.00	-104659.98	-104702.75	-104763.38
16.	0°	75°	3.715	0.966	0.00	-141435.60	-141478.33	-141539.23
17.	0°	80°	5.661	0.985	0.00	-215437.56	-215480.26	-215541.36
18.	0°	85°	11.448	0.996	0.00	-435570.57	-435613.26	-435674.47
19.	0°	95°	11.448	0.996	0.00	-435570.57	-435613.26	-435674.47
20.	0°	100°	5.661	0.985	0.00	-215437.56	-215480.26	-215541.36
21.	0°	105°	3.715	0.966	0.00	-141435.60	-141478.33	-141539.23
22.	0°	110°	2.749	0.940	0.00	-104659.98	-104702.75	-104763.38
23.	0°	115°	2.142	0.906	0.00	-81583.51	-81626.34	-81686.62
24.	0°	120°	1.732	0.866	0.00	-65994.67	-66037.55	-66097.42
25.	0°	125°	1.427	0.819	0.00	-54387.34	-54430.29	-54489.67
26.	0°	130°	1.191	0.766	0.00	-45428.65	-45471.68	-45530.52
27.	0°	135°	1.000	0.707	0.00	-38153.06	-38196.18	-38254.41
28.	0°	140°	0.839	0.643	0.00	-32045.87	-32089.08	-32146.66
29.	0°	145°	0.701	0.574	0.00	-26775.68	-26818.99	-26875.85
30.	0°	150°	0.577	0.500	0.00	-22079.25	-22122.67	-22178.77
31.	0°	155°	0.467	0.423	0.00	-17877.62	-17921.15	-17976.46
32.	0°	160°	0.364	0.342	0.00	-13958.34	-14001.99	-14056.46
33.	0°	165°	0.265	0.256	0.00	-10200.31	-10244.09	-10297.68
34.	0°	170°	0.177	0.174	0.00	-6840.07	-6883.97	-6936.72
35.	0°	175°	0.087	0.087	0.00	-3444.13	-3488.16	-3540.01

Tan 90° & 180° tidak dapat didefinisikan

W = Berat saat tidak beroperasi
Sc = Luas bantalan (m^2)
Pc = Tekanan bantalan (kg/m^2)
Vs = Kecepatan (Knot)

Ca = Koefisien hambatan aerodinamis
= 0,4-0,6 (ACV)
(Diambil 0,4)

Sa = *Area lateral of Hull, Superstructure, Rudder, Air Duct*
= 2 x (50 x 4)
= 400.00 m^2

ρa = Massa jenis udara
= 1.2257 kg/m^3

φ = Koefisien aliran udara
= 0,015-0,030 (ACV)
(Diambil 0,030)

Q = Volume udara angkat
= 506.15 m^3/s

ρw = Massa jenis air laut
= 1025 kg/m^3

Ch = Koefisien hidrodinamis
= 2,5-3,5
(Diambil 2,5)

ho = Tinggi angkat hovercraft
= 0.13 m

Lgc = Jarak CG memanjang ke Midship
Lgm = Jarak CG memanjang ke garis tengah Fan
h = Tinggi metasentra

Za = Jarak dari tanah ke pusat gaya yang bek
Za = 13.856 m

Zg = VCG
Zg = 8.743 m

Zm = Jarak dari tanah ke pusat kekuatan mon
Zm = 4 m

Rolling Saat Beroperasi :

No.	θ (°)	β (°)	Tan θ	Sin β	S (θ, β) (m²)	Mx (1x10⁴ N. m) 30 Knot	Mx (1x10⁴ N. m) 35 Knot	Mx (1x10⁴ N. m) 40 Knot
1.	0°	0°	0.000	0.000	0.00	-122.40	-166.56	-217.51
2.	0°	5°	0.087	0.087	0.00	-5158.74	-5202.77	-5254.61
3.	0°	10°	0.177	0.174	0.00	-10307.58	-10351.48	-10404.22
4.	0°	15°	0.265	0.256	0.00	-15402.27	-15446.05	-15499.64
5.	0°	20°	0.364	0.342	0.00	-21100.05	-21143.70	-21198.18
6.	0°	25°	0.467	0.423	0.00	-27042.27	-27085.81	-27141.11
7.	0°	30°	0.577	0.500	0.00	-33412.54	-33455.96	-33512.06
8.	0°	35°	0.701	0.574	0.00	-40532.94	-40576.25	-40633.11
9.	0°	40°	0.839	0.643	0.00	-48523.18	-48566.39	-48623.96
10.	0°	45°	1.000	0.707	0.00	-57782.32	-57825.44	-57883.67
11.	0°	50°	1.191	0.766	0.00	-68812.81	-68855.84	-68914.68
12.	0°	55°	1.427	0.819	0.00	-82394.94	-82437.89	-82497.28
13.	0°	60°	1.732	0.866	0.00	-99992.55	-100035.44	-100095.31
14.	0°	65°	2.142	0.906	0.00	-123626.33	-123669.16	-123729.44
15.	0°	70°	2.749	0.940	0.00	-158611.75	-158654.52	-158715.15
16.	0°	75°	3.715	0.966	0.00	-214365.86	-214408.59	-214469.49
17.	0°	80°	5.661	0.985	0.00	-326557.23	-326599.94	-326661.03
18.	0°	85°	11.448	0.996	0.00	-660291.78	-660334.47	-660395.68
19.	0°	95°	11.448	0.996	0.00	-660291.78	-660334.47	-660395.68
20.	0°	100°	5.661	0.985	0.00	-326557.23	-326599.94	-326661.03
21.	0°	105°	3.715	0.966	0.00	-214365.86	-214408.59	-214469.49
22.	0°	110°	2.749	0.940	0.00	-158611.75	-158654.52	-158715.15
23.	0°	115°	2.142	0.906	0.00	-123626.33	-123669.16	-123729.44
24.	0°	120°	1.732	0.866	0.00	-99992.55	-100035.44	-100095.31
25.	0°	125°	1.427	0.819	0.00	-82394.94	-82437.89	-82497.28
26.	0°	130°	1.191	0.766	0.00	-68812.81	-68855.84	-68914.68
27.	0°	135°	1.000	0.707	0.00	-57782.32	-57825.44	-57883.67
28.	0°	140°	0.839	0.643	0.00	-48523.18	-48566.39	-48623.96
29.	0°	145°	0.701	0.574	0.00	-40532.94	-40576.25	-40633.11
30.	0°	150°	0.577	0.500	0.00	-33412.54	-33455.96	-33512.06
31.	0°	155°	0.467	0.423	0.00	-27042.27	-27085.81	-27141.11
32.	0°	160°	0.364	0.342	0.00	-21100.05	-21143.70	-21198.18
33.	0°	165°	0.265	0.256	0.00	-15402.27	-15446.05	-15499.64
34.	0°	170°	0.177	0.174	0.00	-10307.58	-10351.48	-10404.22
35.	0°	175°	0.087	0.087	0.00	-5158.74	-5202.77	-5254.61

Tan 90° & 180° tidak dapat didefinisikan

W = Berat saat tidak beroperasi
Sc = Luas bantalan (m²)
Pc = Tekanan bantalan (kg/m²)
Vs = Kecepatan (Knot)

Ca = Koefisien hambatan aerodinamis
= 0,4-0,6 (ACV)
(Diambil 0,4)

Sa = Area lateral of Hull ,
Superstructure, Rudder, Air Duct
= 2 x (50 x 4)
= 400 m²

ρa = Massa jenis udara
= 1.2257 kg/m³

φ = Koefisien aliran udara
= 0,015-0,030 (ACV)
(Diambil 0,030)

Q = Volume udara angkat
= 506.15 m³/s

ρw = Massa jenis air laut
= 1025 kg/m³

Ch = Koefisien hidrodinamis
= 2,5-3,5
(Diambil 2,5)

ho = Tinggi angkat hovercraft
= 0.13 m

Lgc = Jarak CG memanjang ke Midship
Lgm = Jarak CG memanjang
ke garis tengah Fan
h = Tinggi metasentra

Za = Jarak dari tanah ke pusat gaya yang bek
Za = 13.856 m

Zg = VCG
Zg = 8.743 m

Zm = Jarak dari tanah ke pusat kekuatan mom
Zm = 4 m

2. Manuver pada Stabilitas Statis

$C_{\beta z} = 1 / [0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times la] \, (\partial Mz/\partial \beta)_\xi$ $\qquad C_{\beta z} = C_{\beta mza} < 0$

$= 1 / [0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times la] \, (-1/\cos \beta)$

No.	β (°)	Cos β	Sa (m²)	la (m)	ρa (kg/m³)	$C_{\beta z}$	$C_{\beta z}$	$C_{\beta z}$
						30 Knot	35 Knot	40 Knot
1.	0°	1.000	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
2.	5°	0.996	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
3.	10°	0.985	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
4.	15°	0.966	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
5.	20°	0.940	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
6.	25°	0.906	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
7.	30°	0.866	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
8.	35°	0.819	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
9.	40°	0.766	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
10.	45°	0.707	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
11.	50°	0.643	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
12.	55°	0.574	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
13.	60°	0.500	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
14.	65°	0.423	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
15.	70°	0.342	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
16.	75°	0.260	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
17.	80°	0.174	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
18.	85°	0.087	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
19.	95°	0.087	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
20.	100°	0.174	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
21.	105°	0.260	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
22.	110°	0.342	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
23.	115°	0.423	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
24.	120°	0.500	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
25.	125°	0.574	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
26.	130°	0.643	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
27.	135°	0.707	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
28.	140°	0.766	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
29.	145°	0.819	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
30.	150°	0.866	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
31.	155°	0.906	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
32.	160°	0.940	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
33.	165°	0.966	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
34.	170°	0.985	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
35.	175°	0.996	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
36.	180°	1.000	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000

Vs = Kecepatan hovercraft (Knot)
Sa = *Area lateral of Hull, Superstructure, Rudder, Air Duct*
ρa = Massa jenis udara
la = Tinggi rata-rata hovercraft

3. Manuver pada Stabilitas Dinamis

$C\beta mz = 1 / [0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times la] \; (\partial Mz/\partial\beta)\beta$

$= 1 / [0{,}5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa \times la] \; (-1/\text{Cos}\,\beta)$

No.	β (°)	Cos β	Sa (m^2)	la (m)	ρa (kg/m^3)	C βmz	C β mz	C βmz
						30 Knot	35 Knot	40 Knot
1.	5°	0.996	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
2.	10°	0.985	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
3.	15°	0.966	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
4.	20°	0.940	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
5.	25°	0.906	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
6.	30°	0.866	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
7.	35°	0.819	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
8.	40°	0.766	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
9.	45°	0.707	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
10.	50°	0.643	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
11.	55°	0.574	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
12.	60°	0.500	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
13.	65°	0.423	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
14.	70°	0.342	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
15.	75°	0.260	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
16.	80°	0.174	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
17.	85°	0.087	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
18.	95°	0.087	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
19.	100°	0.174	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
20.	105°	0.260	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
21.	110°	0.342	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
22.	115°	0.423	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
23.	120°	0.500	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
24.	125°	0.574	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
25.	130°	0.643	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
26.	135°	0.707	400	6.5	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
27.	140°	0.766	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
28.	145°	0.819	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
29.	150°	0.866	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
30.	155°	0.906	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
31.	160°	0.940	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
32.	165°	0.966	400	6.5	1.2257	-0.000001	0.000000	0.000000
33.	170°	0.985	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
34.	175°	0.996	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
35.	180°	1.000	400	6.5	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000

$C\beta y = 1 / [0,5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa] (\partial My/\partial \beta)\beta$

$= 1 / [0,5 \times \rho a \times Vs^2 \times Sa] (-1/Sin\ \beta)$

No.	β (°)	Sin β	Sa (m^2)	ρa (kg/m^3)	C βy	C βy	C βy
					30 Knot	35 Knot	40 Knot
1.	5°	0.087	400	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
2.	10°	0.174	400	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
3.	15°	0.256	400	1.2257	-0.000001	-0.000001	-0.000001
4.	20°	0.342	400	1.2257	-0.000002	-0.000001	-0.000001
5.	25°	0.423	400	1.2257	-0.000002	-0.000001	-0.000001
6.	30°	0.500	400	1.2257	-0.000002	-0.000002	-0.000001
7.	35°	0.574	400	1.2257	-0.000003	-0.000002	-0.000001
8.	40°	0.643	400	1.2257	-0.000003	-0.000002	-0.000002
9.	45°	0.707	400	1.2257	-0.000003	-0.000002	-0.000002
10.	50°	0.766	400	1.2257	-0.000003	-0.000003	-0.000002
11.	55°	0.819	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
12.	60°	0.866	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
13.	65°	0.906	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
14.	70°	0.940	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
15.	75°	0.966	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
16.	80°	0.985	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000003
17.	85°	0.996	400	1.2257	-0.000005	-0.000003	-0.000003
18.	95°	0.996	400	1.2257	-0.000005	-0.000003	-0.000003
19.	100°	0.985	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000003
20.	105°	0.966	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
21.	110°	0.940	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
22.	115°	0.906	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
23.	120°	0.866	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
24.	125°	0.819	400	1.2257	-0.000004	-0.000003	-0.000002
25.	130°	0.766	400	1.2257	-0.000003	-0.000003	-0.000002
26.	135°	0.707	400	1.2257	-0.000003	-0.000002	-0.000002
27.	140°	0.643	400	1.2257	-0.000003	-0.000002	-0.000002
28.	145°	0.574	400	1.2257	-0.000003	-0.000002	-0.000001
29.	150°	0.500	400	1.2257	-0.000002	-0.000002	-0.000001
30.	155°	0.423	400	1.2257	-0.000002	-0.000001	-0.000001
31.	160°	0.342	400	1.2257	-0.000002	-0.000001	-0.000001
32.	165°	0.256	400	1.2257	-0.000001	-0.000001	-0.000001
33.	170°	0.174	400	1.2257	-0.000001	-0.000001	0.000000
34.	175°	0.087	400	1.2257	0.000000	0.000000	0.000000
35.	180°	1.000	400	1.2257	-0.000005	-0.000003	-0.000003

$C_{\omega z\, mz} = 1 / [0{,}5 \times \rho a \times \omega^2 \times Sa \times la]\ (\partial Mz/\partial\beta)\beta$
$= 1 / [0{,}5 \times \rho a \times \omega^2 \times Sa \times la]\ (-1/\cos$

Vs = 30 Knot = 15.42 m/s
Vs = 35 Knot = 17.99 m/s
Vs = 40 Knot = 20.56 m/s

$t = x / Vs$ (sejauh 1 meter)
$t_{(35)} = 0.065$ sekon
$t_{(30)} = 0.056$ sekon
$t_{(35)} = 0.049$ sekon

ω =Kecepatan sudut (rad/s)
$= \Theta / t$

No.	β (°)	Θ (rad)	Cos β	Sa (m^2)	la (m)	ρa (kg/m^3)	$C_{\omega z\, mz}$ 30 Knot	$C_{\omega z\, mz}$ 35 Knot	$C_{\omega z\, mz}$ 40 Knot
1.	5°	1.59	0.996	400	6.5	1.2257	-0.00000104	-0.00000076	-0.00000058
2.	10°	3.18	0.985	400	6.5	1.2257	-0.00000026	-0.00000019	-0.00000014
3.	15°	4.78	0.966	400	6.5	1.2257	-0.00000011	-0.00000008	-0.00000006
4.	20°	6.37	0.940	400	6.5	1.2257	-0.00000006	-0.00000004	-0.00000003
5.	25°	7.96	0.906	400	6.5	1.2257	-0.00000004	-0.00000003	-0.00000002
6.	30°	9.55	0.866	400	6.5	1.2257	-0.00000003	-0.00000002	-0.00000001
7.	35°	11.15	0.819	400	6.5	1.2257	-0.00000002	-0.00000001	-0.00000001
8.	40°	12.74	0.766	400	6.5	1.2257	-0.00000001	-0.00000001	-0.00000001
9.	45°	14.33	0.707	400	6.5	1.2257	-0.00000001	-0.00000001	-0.00000001
10.	50°	15.92	0.643	400	6.5	1.2257	-0.00000001	0.00000000	0.00000000
11.	55°	17.52	0.574	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
12.	60°	19.11	0.500	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
13.	65°	20.70	0.423	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
14.	70°	22.29	0.342	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
15.	75°	23.89	0.260	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
16.	80°	25.48	0.174	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17.	85°	27.07	0.087	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18.	95°	30.25	0.087	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19.	100°	31.85	0.174	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20.	105°	33.44	0.260	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21.	110°	35.03	0.342	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
22.	115°	36.62	0.423	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
23.	120°	38.22	0.500	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
24.	125°	39.81	0.574	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
25.	130°	41.40	0.643	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
26.	135°	42.99	0.707	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
27.	140°	44.59	0.766	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
28.	145°	46.18	0.819	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
29.	150°	47.77	0.866	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
30.	155°	49.36	0.906	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
31.	160°	50.96	0.940	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
32.	165°	52.55	0.966	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
33.	170°	54.14	0.985	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
34.	175°	55.73	0.996	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
35.	180°	57.32	1.000	400	6.5	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000

$C_{\omega z\, y} = 1 / [0{,}5 \times \rho a \times \omega^2 \times Sa] \, (\partial My/\partial\beta)\beta$
$= 1 / [0{,}5 \times \rho a \times \omega^2 \times Sa] \, (Tan\ \beta)$

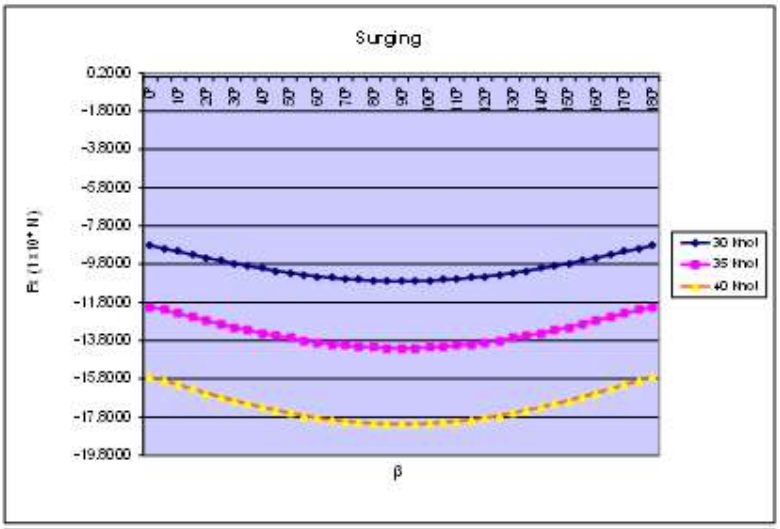
Vs = 30 Knot = 15.42 m/s
Vs = 35 Knot = 17.99 m/s
Vs = 40 Knot = 20.56 m/s

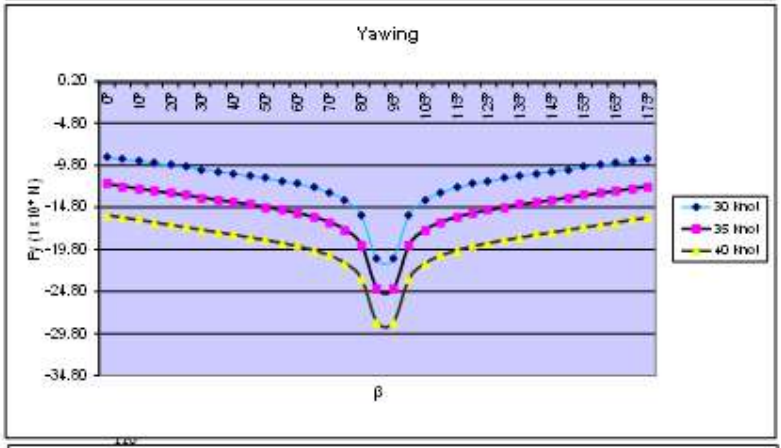
t = x / Vs (sejauh 1 meter)
$t_{(30)}$ = 0.065 sekon
$t_{(35)}$ = 0.056 sekon
$t_{(35)}$ = 0.049 sekon

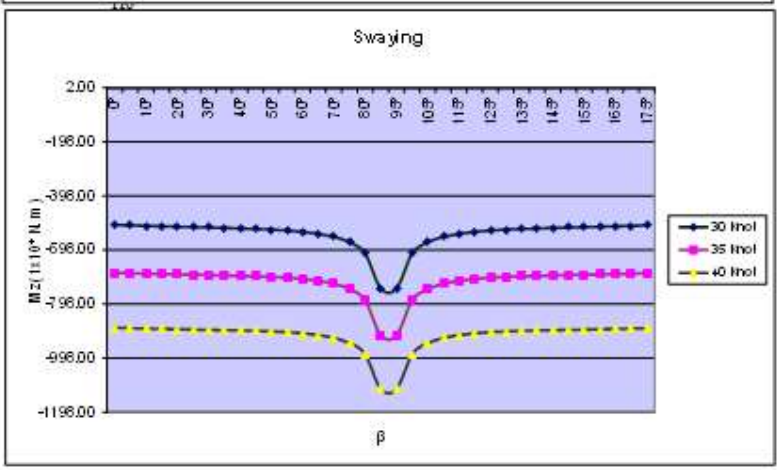
ω =Kecepatan sudut (m/s)
$= \Theta / t$

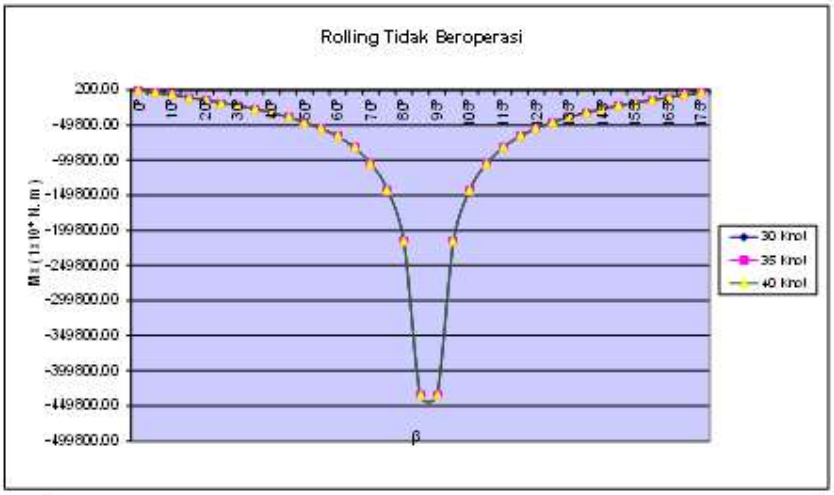
No.	β (°)	Θ (rad)	Tan β	Sa (m^2)	ρa (kg/m^3)	$C_{\omega z\, y}$	$C_{\omega z\, y}$	$C_{\omega z\, y}$
						30 Knot	35 Knot	40 Knot
1.	5°	1.59	0.087	400	1.2257	0.00007746	0.00005691	0.00004357
2.	10°	3.18	0.177	400	1.2257	0.00000958	0.00000704	0.00000539
3.	15°	4.78	0.265	400	1.2257	0.00000284	0.00000208	0.00000160
4.	20°	6.37	0.364	400	1.2257	0.00000116	0.00000085	0.00000065
5.	25°	7.96	0.467	400	1.2257	0.00000058	0.00000043	0.00000033
6.	30°	9.55	0.577	400	1.2257	0.00000033	0.00000024	0.00000018
7.	35°	11.15	0.701	400	1.2257	0.00000020	0.00000014	0.00000011
8.	40°	12.74	0.839	400	1.2257	0.00000013	0.00000009	0.00000007
9.	45°	14.33	1.000	400	1.2257	0.00000008	0.00000006	0.00000005
10.	50°	15.92	1.191	400	1.2257	0.00000006	0.00000004	0.00000003
11.	55°	17.52	1.427	400	1.2257	0.00000004	0.00000003	0.00000002
12.	60°	19.11	1.732	400	1.2257	0.00000003	0.00000002	0.00000002
13.	65°	20.70	2.142	400	1.2257	0.00000002	0.00000001	0.00000001
14.	70°	22.29	2.749	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000001
15.	75°	23.89	3.715	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000000
16.	80°	25.48	5.661	400	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17.	85°	27.07	11.448	400	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18.	95°	30.25	11.448	400	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19.	100°	31.85	5.661	400	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20.	105°	33.44	3.715	400	1.2257	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21.	110°	35.03	2.749	400	1.2257	0.00000001	0.00000000	0.00000000
22.	115°	36.62	2.142	400	1.2257	0.00000001	0.00000000	0.00000000
23.	120°	38.22	1.732	400	1.2257	0.00000001	0.00000000	0.00000000
24.	125°	39.81	1.427	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000000
25.	130°	41.40	1.191	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000000
26.	135°	42.99	1.000	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000001
27.	140°	44.59	0.839	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000001
28.	145°	46.18	0.701	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000001
29.	150°	47.77	0.577	400	1.2257	0.00000001	0.00000001	0.00000001
30.	155°	49.36	0.467	400	1.2257	0.00000002	0.00000001	0.00000001
31.	160°	50.96	0.364	400	1.2257	0.00000002	0.00000001	0.00000001
32.	165°	52.55	0.265	400	1.2257	0.00000002	0.00000002	0.00000001
33.	170°	54.14	0.177	400	1.2257	0.00000003	0.00000002	0.00000002
34.	175°	55.73	0.087	400	1.2257	0.00000006	0.00000005	0.00000004

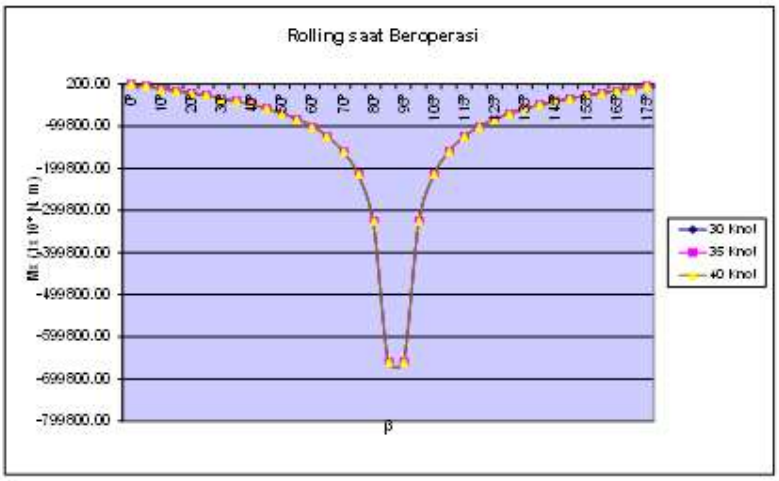
Tan 90° & 180° tidak dapat didefinisikan

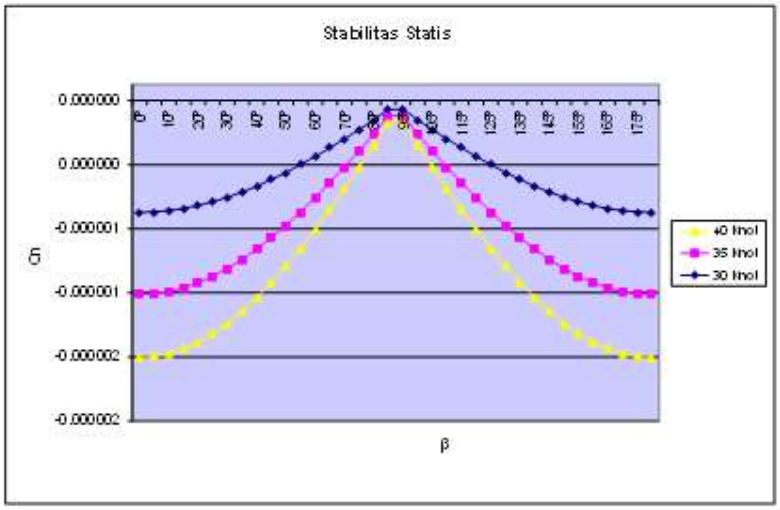

Surging
0.2000
-1.8000
-3.8000
-5.8000
-7.8000
-9.8000
-11.8000
-13.8000
-15.8000
-17.8000
-19.8000
Fx (1x10⁴ N)
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
180°
β
30 knot
35 knot
40 knot

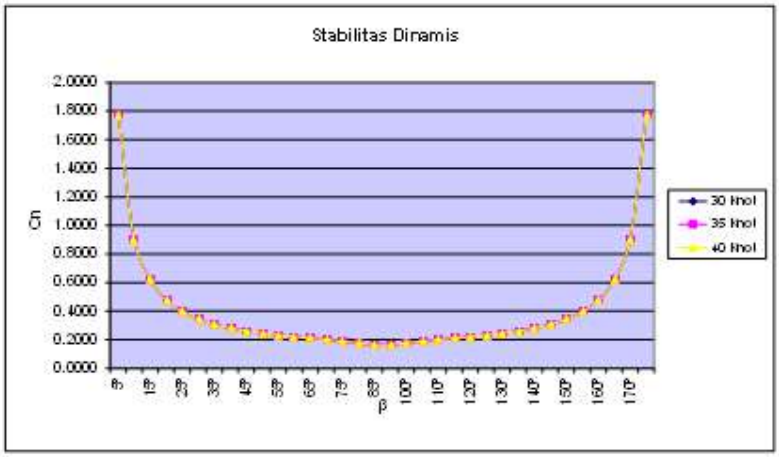

Yawing
0.20
-4.80
-9.80
-14.80
-19.80
-24.80
-29.80
-34.80
Fy (1x10⁴ N)
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
β
30 knot
35 knot
40 knot


Swaying
2.00
-198.00
-398.00
-598.00
-798.00
-998.00
-1198.00
Mz (1x10⁴ N m)
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
β
30 knot
35 knot
40 knot


Rolling Tidak Beroperasi
200.00
-49800.00
-99800.00
-149800.00
-199800.00
-249800.00
-299800.00
-349800.00
-399800.00
-449800.00
-499800.00
β
30 Knot
35 Knot
40 Knot


Rolling saat Beroperasi
200.00
-99800.00
-199800.00
-299800.00
-399800.00
-499800.00
-599800.00
-699800.00
-799800.00
β
30 Knot
35 Knot
40 Knot


Stabilitas Statis
0.000000
0.000000
-0.000001
-0.000001
-0.000002
-0.000002
β
40 Knot
35 Knot
30 Knot



(C βmz/C βy) - (C ωzmz/C ω y) > 0

No.	β (°)	(C βmz/C βy) - (C ωzmz/C ω y)	(C βmz/C βy) - (C ωzmz/C ω y)	(C βmz/C βy) - (C ωzmz/C ω y)
		30 Knot	35 Knot	40 Knot
1.	5°	1.7747	1.7747	1.7747
2.	10°	0.8977	0.8977	0.8977
3.	15°	0.6199	0.6199	0.6199
4.	20°	0.4755	0.4755	0.4755
5.	25°	0.3946	0.3946	0.3946
6.	30°	0.3434	0.3434	0.3434
7.	35°	0.3078	0.3078	0.3078
8.	40°	0.2822	0.2822	0.2822
9.	45°	0.2626	0.2626	0.2626
10.	50°	0.2470	0.2470	0.2470
11.	55°	0.2338	0.2338	0.2338
12.	60°	0.2221	0.2221	0.2221
13.	65°	0.2112	0.2112	0.2112
14.	70°	0.2006	0.2006	0.2006
15.	75°	0.1900	0.1900	0.1900
16.	80°	0.1787	0.1787	0.1787
17.	85°	0.1667	0.1667	0.1667
18.	95°	0.1667	0.1667	0.1667
19.	100°	0.1787	0.1787	0.1787
20.	105°	0.1900	0.1900	0.1900
21.	110°	0.2006	0.2006	0.2006
22.	115°	0.2112	0.2112	0.2112
23.	120°	0.2221	0.2221	0.2221
24.	125°	0.2338	0.2338	0.2338
25.	130°	0.2470	0.2470	0.2470
26.	135°	0.2626	0.2626	0.2626
27.	140°	0.2822	0.2822	0.2822
28.	145°	0.3078	0.3078	0.3078
29.	150°	0.3434	0.3434	0.3434
30.	155°	0.3946	0.3946	0.3946
31.	160°	0.4755	0.4755	0.4755
32.	165°	0.6199	0.6199	0.6199
33.	170°	0.8977	0.8977	0.8977
34.	175°	1.7747	1.7747	1.7747

Spesifikasi Peralatan dan Kendaraan Tempur :

No.	Nama	Merk dan Type	Berat (kg)	Dimensi (P x L x T) (m x m x m)	Jumlah (Sn)
1	Kursi *Pilot & Co-Pilot*	Echo	10.43	2,00 x 6,00 x 8,00	2
2	Kursi Lain	Echo	10.43	2,00 x 6,00 x 8,00	4
3	Alat Pemadam	ERRO EP-03	4.50	0,125 m (diameter)	7
4	Tabung Gas Oksigen	O2 1000 m3	10.00	0,75 m (tinggi)	
5	Kasur Darurat	BIP ALK 102 900001	35.00	7,62 x 7,32 x 7,62	
6	Bofor 20 mm	Meriam Oerlikon 20 mm	75.00	2 x 2,5 x 1,8	
7	Amunisi Bofor 20 mm	20 mm Caliber PT. PINDAD	240.00	2 x 2,4 x 0,5	
8	Anoa Amphibious	Anoa 6x6 Amphibious PT. PINDAD	12300.00	6 x 2,5 x 2,63	
9	Tank Harimau	Harimau Medium Tank PT. PINDAD	30000.00	6,952 x 3,36 x 2,456	
10	Senjata Senapan Serbu	SS2-V5 Kal. 5.56 mm PT.PINDAD	3,8	0,528 x 0,005 x 0,25	
11	Kursi Perawat	Echo	10.43	2,00 x 6,00 x 8,00	
12	Bangku Hollow Pasukan	Custom	4131.00	18,00 x 0,5 x 0,45	
13	*Lifejacket*	Economic Marine Life Jacket-MLJ-CN	0.36	-	
14	*Medical AID*	Fieldtex Back Pack Red	7.00	-	
15	Radio Komunikasi	Icom IC-F6121D 51	1.09	2,01 x 1,80 x 0,48	
16	*Cetrifugal Fan*	(SODECA CBD-3939-6T 3)	39.00	0,31 x 0,25 x 0,20	
17	*Engine*	BM507-A Radial 112 Cylinder Series	17100.00	7 x 1,82 x 2,49	

Spesifikasi Hovercraft :

Dimensi :		Ukuran	Satuan
	Panjang Lambung	57.52	m
	Lebar Lambung	25.23	m
	Tinggi Lambung	1.61	m
	Lebar Sisi Lambung yang Dilipat	0,73 + 0,73	m
	Lebar Lambung Setelah Dilipat	3.10	m
	Panjang Bantalan	34.10	m
	Lebar Bantalan	17.05	m
	Luas Bantalan	581.49	m^2
	Tinggi Skirt	2.39	m
	Panjang Deck	12.25	m
	Lebar Deck	11.67	m
	Tinggi Deck	3.06	m
	Tinggi Total	8.58	m
	Tinggi Dasar Lambung ke Atap Deck	6.13	m
Berat :		Ukuran	Satuan
	Berat Kosong	128993.53	kg
	Berat Operasional	299879.95	kg
	Daya Angkut	133272.00	kg
Hambatan :		Ukuran	Satuan
	Hambatan Gelombang	0.45	kN
	Hambatan Profil Aerodinamis	33.73	kN
	Hambatan Momentum Aerodinamis	24.82	kN
	Hambatan Trim	4.65	kN
	Hambatan Skirt	6.65	kN
Daya :		Ukuran	Satuan
	Daya Angkat	2859.20	HP
	Daya Dorong	6568.42	HP
Tinggi Hambatan :		Ukuran	Satuan
	Tinggi Angkat Hovercraft	Maks. 0,13	m
	Tinggi Hambatan di Darat	Maks. 1,09 (5°)	m
	Tinggi Gelombang Laut	2.51	m
	Panjang Gelombang Laut	Maks. 25,10	m
	Kecepatan Gelombang Laut	Maks. 6,26	m/s

BUILDING COST

	No	Item	Value	Unit
Material Baja	**1**	**Lambung Kapal (*Hull*)**		
		(Tebal pelat = 11 mm, jenis material = baja)		
		https://indonesian.alibaba.com/product-detail/astm-a36-steel-a36-steel-plate-and-sheet-a36-carbon-steel-plate-and-sheet-		
		Harga	600	USD/ton
		Berat Lambung Kapal	24913.970	ton
		Harga Lambung Kapal	**$ 14,948,382.00**	**USD**
	2	**Geladak Kapal (*Deck*)**		
		(Tebal pelat = 11 mm, jenis material = baja)		
		https://indonesian.alibaba.com/product-detail/astm-a36-steel-a36-steel-plate-and-sheet-a36-carbon-steel-plate-and-sheet-		
		Harga	600	USD/ton
		Berat Geladak Kapal	33435.831	ton
		Harga Geladak Kapal	**$ 20,061,498.60**	**USD**
	3	**Bangunan Atas Kapal**		
		(Tebal pelat = 8 mm, jenis material = baja)		
		https://indonesian.alibaba.com/product-detail/astm-a36-steel-a36-steel-plate-and-sheet-a36-carbon-steel-plate-and-sheet-		
		Harga	600	USD/ton
		Berat Bangunan Atas Kapal	0.000	ton
		Harga Bangunan Atas Kapal	**$ -**	**USD**
		Total Harga *Baja*	**$ 35,009,880.60**	**USD**

	No	Item	Value	Unit
	1	**Kursi**		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	10	unit
		Harga per unit		
			40	USD
		Harga Kursi	**$ 400.00**	**USD**
	2	**Kursi pilot**		
		www.alibaba.com		
		Jumlah	2	unit
		Harga per unit		
			350	USD
		Harga Kursi	**$ 700.00**	**USD**
	3	***Lifebuoy*** *(www.alibaba.com)*		
		Jumlah	8	Unit
		Harga per unit	17	USD
		Harga total	**$ 136.00**	**USD**

Equipment & Outfitting

4	***Life Jacket*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	102	Unit
	Harga per unit	8	USD
	Harga total	**$ 816.00**	**USD**
5	**Liferaft**		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	1,200	USD
	Harga total	**$ 2,400.00**	**USD**
6	**Seawage Pump (alibaba.com)**		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	3,012	USD
	Harga total	**$ 6,024.00**	**USD**
7	**Fresh Water Pump (alibaba.com)**		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	100	USD
	Harga total	**$ 200.00**	**USD**
8	**Fuel Oil Pump (alibaba.com)**		
	Jumlah	6	Unit
	Harga per unit	200	USD
	Harga total	**$ 1,200.00**	**USD**
9	**Anchor** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	0	Unit
	Harga per unit	800	USD
	Harga total	**$ -**	**USD**
10	**Meja Kamar**		
	www.dekoruma.com		
	Jumlah	20	unit
	Harga per unit		
		42	USD
	Harga Meja Kamar	**$ 840.00**	**USD**
11	**Meja**		
	www.dekoruma.com		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit		
		50	USD
	Harga Meja	**$ 99.00**	**USD**
12	**Ambulance Stretcher**		
	www.alibaba.com		
	Jumlah	20	unit
	Harga per unit		
		210	USD
	Harga Kasur Tingkat	**$ 4,200.00**	**USD**

	13	**Kasur**		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	14	unit
		Harga per unit		
			121	USD
		Harga Kasur	**$ 1,694.00**	**USD**
	14	**AC** *(www.alibaba.com)*		
		Jumlah	25	Unit
		Harga per unit	174	USD
		Harga total	**$ 4,350.00**	**USD**
	15	**Lemari** *(www.alibaba.com)*		
		Jumlah	24	Unit
		Harga per unit	53	USD
		Harga total	**$ 1,272.00**	**USD**
	16	**Boat** *(www.alibaba.com)*		
		Jumlah	1	Unit
		Harga per unit	5,499	USD
		Harga total	**$ 5,499.00**	**USD**
	16	**Crane** *(www.alibaba.com)*		
		Jumlah	1	Unit
		Harga per unit	20,000	USD
		Harga total	**$ 20,000.00**	**USD**
	Total Harga *Equipment & Outfitting*		**$ 49,830.00**	**USD**
	No	**Item**	**Value**	**Unit**
Tenaga Penggerak	1	***Main Engine*** *MTU 20V 4000 M73L (www.alibaba.com)*		
		Jumlah	1	unit
		Harga per unit	325	USD/unit
		Harga *Main Engine*	**$ 325**	**USD**
	2	***Generator*** *Cummins K38-DM (www.alibaba.com)*		
		Jumlah *generator*	1	unit
		Harga per unit	10,000	USD/unit
		Harga *Generator*	**$ 10,000**	**USD**
	2	***Em. Generator Weichai K4102D3-1*** *(www.alibaba.com)*		
		Jumlah *generator*	1	unit
		Harga per unit	2,160	USD/unit
		Harga *Generator*	**$ 2,160**	**USD**
	Total Harga Tenaga Penggerak		**$ 12,485**	**USD**

Biaya Pembangunan				
No	**Item**		**Value**	**Unit**
1	**Material Baja**	**$**	**35,009,881**	**USD**
2	***Equipment & Outfitting***	**$**	**49,830**	**USD**
3	**Tenaga Penggerak**	**$**	**12,485**	**USD**
Total Harga (USD)		**$**	**35,072,196**	**USD**
rs Rupiah - US Dollar (per 27 Februari 2(		**$**	**14,034**	**Rp/USD**
Total Harga (Rupiah)		**Rp**	**492,203,193,050.40**	**Rp**

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah				
	No	**Item**	**Value**	
Koreksi Ekonomi	**1**	**Keuntungan Galangan Kapal**		
		20% dari biaya pembangunan awal		
		Keuntungan Galangan Kapal	Rp	98,440,638,610
	2	**Biaya Untuk Inflasi**		
		2% dari biaya pembangunan awal		
		Biaya Inflasi	Rp	9,844,063,861
	3	**Biaya Pajak**		
		10% PPn (Pajak Pertambahan Nilai)		
		Biaya Pajak Pemerintah	Rp	49,220,319,305
	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi		**Rp**	**157,505,021,776**

Jadi, total harga kapal adalah =

= Biaya Pembangunan + Profit Galangan + Biaya Inflasi + Pajak Pemerintah

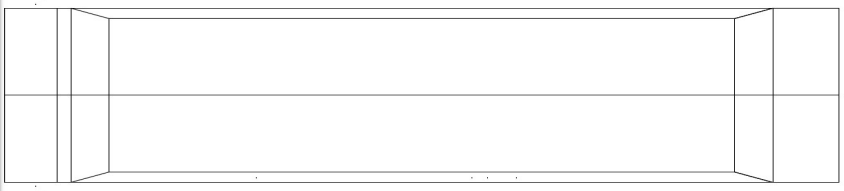
= 492,203,193,050 + 98,440,638,610 + 9,844,063,861 + 49,220,319,305

= **Rp 649,708,214,826.53**

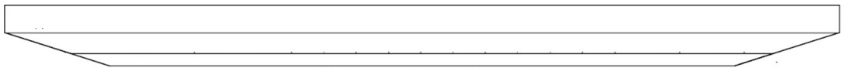
Total harga kapal adalah		
Biaya	Value	
Biaya Pembangunan	Rp	492,203,193,050
Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi d	Rp	157,505,021,776
Total Harga Kapal	Rp	649,708,214,827

LAMPIRAN B
DESAIN *LINESPLAN*

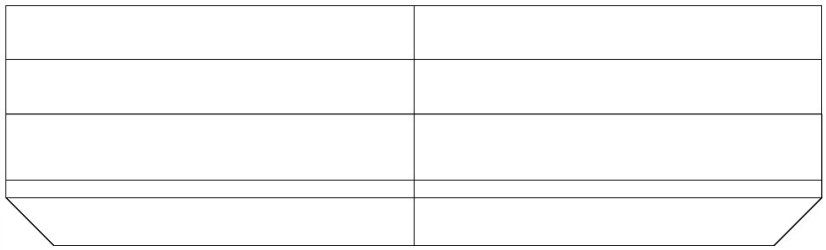
TOP VIEW



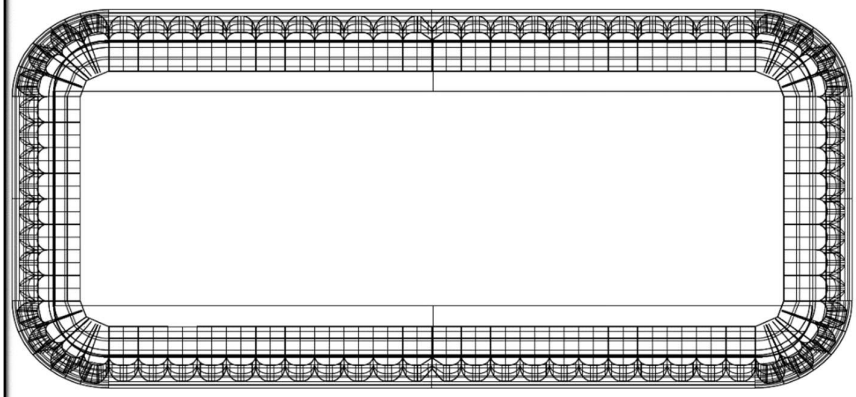
RIGHT VIEW



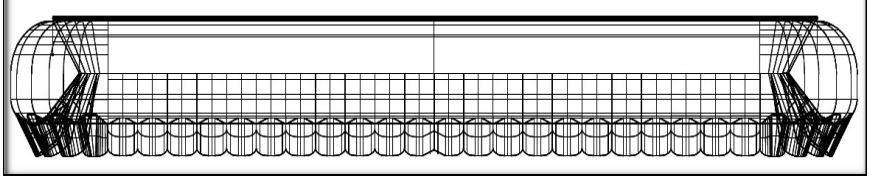
FRONT VIEW



TOP VIEW



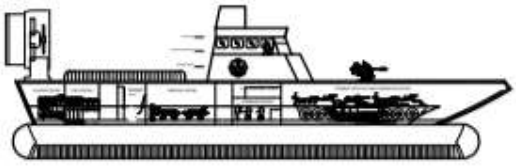
RIGHT VIEW



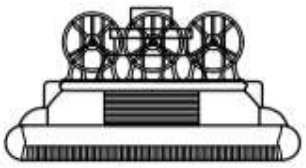
LAMPIRAN C
DESAIN *GENERAL ARRANGEMENT* DAN *LINESPLAN*

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

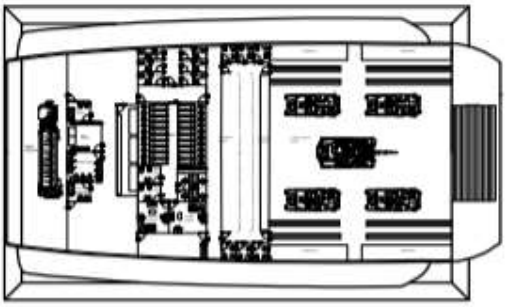
PROFILE VIEW



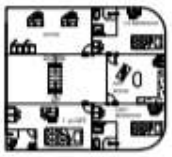
FRONT VIEW



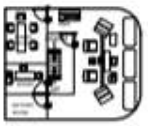
MAIN DECK



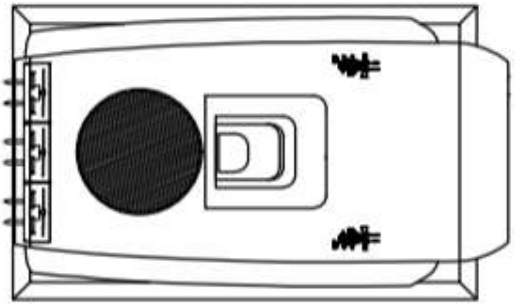
BRIDGE DECK



NAVIGATION DECK



POOP DECK



PRINCIPAL DIMENSIONS

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

M.V.GARUDA JATAYU

GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN				
APPROVE				ADH

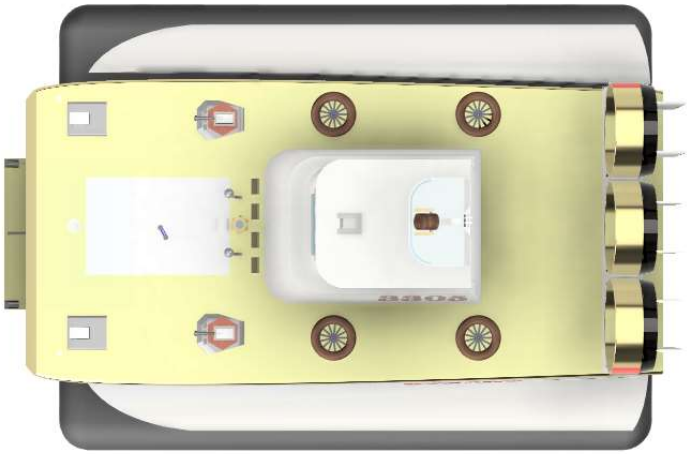
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

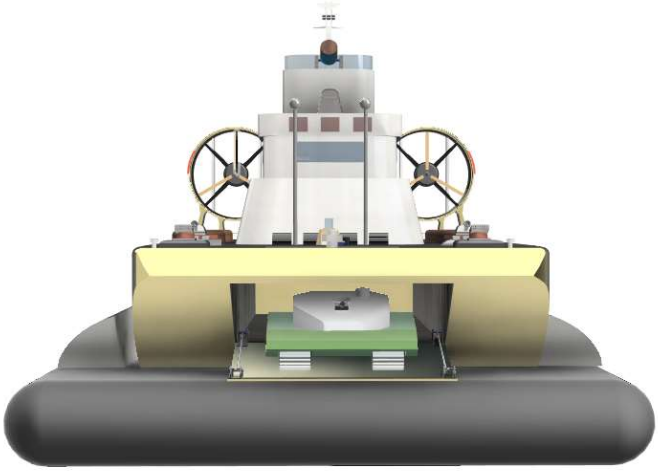
LAMPIRAN D
DESAIN 3D

TAMPAK SAMPING

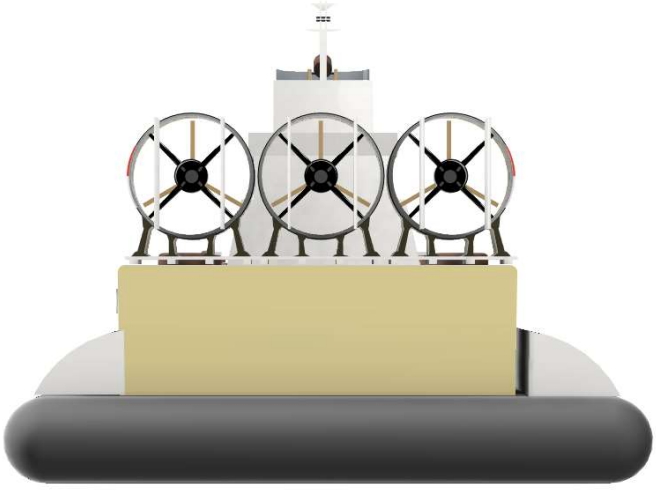
TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



TAMPAK BELAKANG



LAMPIRAN E
KATALOG

TECHNICAL DATA

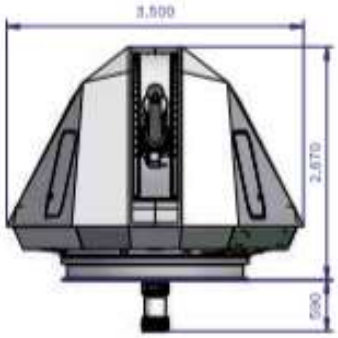
Standard specifications

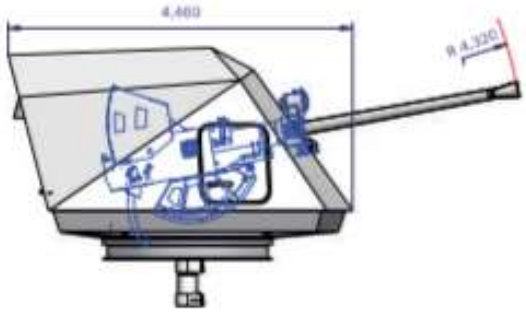
- Elevation: -10° to +77°
- Total weight of gun excl. ammunition: 7,000 kg
- Weight including 1,000 rounds onboard: 14,000 kg
- Length of ammunition hoists: 1,960 to 9,805 mm (gun can be operated without hoists)
- Gyro-stabilised in local control

Performance

- Maximum range: 17,000 m
- Rate of fire: 4 rounds per second
- Muzzle velocity: 1,035 m/s
- Time to open fire at 45° training and 35° elevation from stand-by condition: 2.2 seconds
- Number of rounds available in gun: 120
- Dispersion (typical values):
  Elevation (s-value): 0.4 mrad
  Training (s-value): 0.4 mrad
- Life of barrel: up to 5,300 rounds

DIMENSIONS





For more information contact

BAE Systems

Telephone +46 (0)586 733 000
Fax +46 (0)586 733 012
Email info@baesystems.se
www.baesystems.com

This document gives only a general description of products and services and except where expressly provided otherwise shall not form part of any contract. From time to time, changes may be made in the products or conditions of supply.

BAE SYSTEMS is a registered trade mark of BAE Systems plc.

01.15.57MK3.GMS

HAOHAI BOATS

HAOHAI BOATS

Fuel Consumption *		20V 4000 M73	20V 4000 M73L
at rated power	g/kWh	213	212
	l/hr	821.2	919.5
	gal/h	217	242.9

* Tolerance +5% per ISO 3046. Diesel fuel to DIN EN 590 with a min L.H.V. of 42800kJ/kg (18390 BTU/lb)

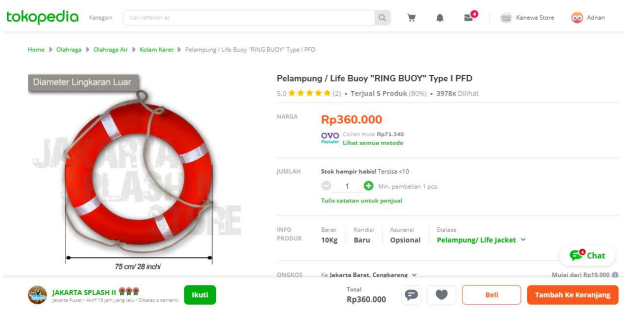
Specification:

Model	RIB580B
Overall length	580cm
Overall width	236cm
Chamber No.	5
Tube dia.	52cm
Max person	8
Net weight	400kg
Max engine power	90HP

Standard accessories:

*Oars
*Foot pump
*Repair kit
*Front&back cabin
*Console
*Cushion
*Fiberglass roll bar
*Power switch
*Bilge pump
*Vent hole
*Stainless steel ski bar
*90L built-in fuel tank

DY-A6	Adult life jacket		*comform to SOLAS 74/96,MSC.201(81) MSC.81(70) MSC.200(80) * certification: CCS/EC *Material:Cover:PU & Polyester compound *inside: EPE foam *Size:length 550mm width:270mm *Weight:0.74kg *Buoyancy: >147N



Deskripsi Pelampung / Life Buoy "RING BUOY" Type I PFD

Pelampung / Life Buoy "RING BUOY" Type IV PFD

Pelampung, alat keselamatan untuk di laut, bisa juga digunakan di danau dan kolam renang.

Terbuat dari bahan komposit plastik ABS/PVC, warna Orange terang dilengkapi bahan reflective 3M utk HI-Visibility. Safety Life Buoy Type : HY5555.1 (2,5 Kg) Complied With Solas 74/96 . LSA Code and IMO 81 (70) SOLAS APPROVED HYPRO Life Buoy (Ring Pelampung)

SPESIFIKASI TEKNIS :

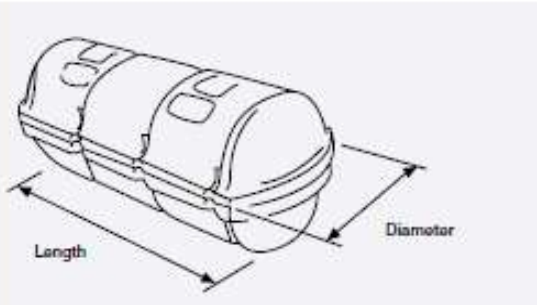
- 120-150 Newton Buoyancy, dilengkapi tali nylon disekelilingnya.
- Bahannya mempunyai daya apung (buoyancy) yang baik
- Tidak rusak terkena sinar matahari, mudah digunakan, mudah dikendalikan dan salah satu sisi ada talinya
- Diberi warna menyala agar mudah dideteksi / dikenali dan dilengkapi dengan retro reflektif
- Dapat menahan bobot besi 14,5 Kg di air tawar selama 24 jam
- Mempunyai massa tidak kurang dari 2,5 Kg
- Tidak terus meleleh dalam bila terbakar dalamwaktu dua detik
- Tidak mengalami kerusakan apabila dijatuhkan dari ketinggian 30m
- Apabila dilengkapi dengan lampu atau asap isyarat penolong, salah satu massanya harus 40kg
- Dilengkapi tali cengkram dengan garis tengah 9mm dan panjang 4 kali garis tengah luar, pada empat titik (4 orang) dengan jarak yang sama sekelilingnya.

Ring buoy tdk dijual berikut tali lempar (THROW LINES)nya.

Chat

SOLAS B PACK			
Rated Capacity	Length mm	Diameter mm	Weight Approx Operational Kg
6	1160	435	57
8	1160	435	57
10	1260	485	80
12	1260	485	85
16	1390	535	103
20	1540	530	109
25	1540	530	128
12 DL	1260	435	90
16 DL	1390	535	107
20 DL	1540	530	120
25 DL	1540	530	133

MK10 cylindrical container



DZC 901/902

DZC 901 and 902 are horizontal anchor windlasses with single or double gypsies. Electric or hydraulic versions are available providing a max. pull of 1100 kgs. It has a gypsy for chains 10, 12 or 13 mm DIN766, 11 or 12.5 mm stud-link.

	DZC 901E / 902E (DC)	DZC 901E / 902E (AC)	DZC 901H / 902H
Drive	DC Electric Motor (24V)	AC Electric Motor (210-400V, 3 ph)	Hydraulic Motor
Max. cont. Pull	730 kg (S2)	660 kg (30 min)	1000 kg (30 min)
Max. pull	1100 kg (S3)	1000 kg (2 min)	1100 kg (2 min)
Haulage speed (for 200 kg. working load)	15 m/min.	12 m/min.	13 m/min.
Gypsy for chain	10-12-13 mm DIN766, 11-12.5 Stud-link	10-12-13 mm DIN766, 11 Stud-link	10-12-13 mm DIN766, 11-12.5 Stud-link
Approximate weight	95 / 120 kg	95 / 120 kg	90 / 115 kg
Current draw (at max. cont.pull)/ Hyd. pressure - Oil flow (on motor)	110A	4.5A	110 bar - 25 lt/min
Motor power	2000W	2200W (400V - 50hz)	

Spesifikasi	
Ukuran Kemasan	60cm x 58cm x 89cm
Ukuran Barang	60cm x 58cm x 89cm
Berat	10kg

Alibaba.com Products Search

Categories | Ready to Ship | Trade Shows | Services | Sell on Alibaba | Help

Home > All Industries > Vehicles & Accessories > Marine Parts & Accessories > Other Marine Supplies Subscribe to Trade Alert

View larger image

Ready to Ship In Stock Fast Dispatch

Hot Sale Marine Boat Captain Seat Pilot Chair For Ship High Quality Factory Price

$350.00 / Set | 1 Set (Min. Order)

Model Number: QLS-E $350.00 − 1 +

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders

Payments: VISA Online Bank Payment T/T Pay Later WesternUnion WU

Alibaba.com Logistics · Inspection Solutions

Overview

Quick Details

Place of Origin:	Guangdong, China	Brand Name:	QIAOLIAN
Material:	aluminium alloy	size:	Customized Size
Certificate:	CCS,ABS,LRS,BV,GL,DNV,NK	Size:	Customized Size
Usage:	Marine Hardware Fittings	Standard:	QLS-E
Application:	ships	Warranty:	12 Months
Color:	White	Packing:	Wooden Case

Packaging & Delivery

Selling Units: Single item

Single package size: 70X70X90 cm

Single gross weight: 40.0 kg

Package Type: WOOD CASE

Lead Time:

Quantity(Set)	1 - 10	11 - 100	>100
Est. Time(days)	15	30	To be negotiated

BIODATA PENULIS

Haritz Azzarie, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Batam pada 10 April 1999 silam, Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal pada TK Al-Azhar Batam, kemudian melanjutkan ke SDII Luqman Al-Hakim Batam, SMPN 3 Batam dan SMA Taruna Bakti Bandung. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* BSO Kewirausahaan HIMATEKPAL 2017/2018 serta Kepala Divisi BSO Kewirausahaan 2018/2019. Dalam pengalaman pelatihan, penulis pernah menjadi peserta LKMW-TL tingkat fakultas. Selain itu, penulis pernah mengikuti lomba inovasi kapal Transporter untuk pasien Covid-19 yang diselenggarakan oleh Ditmawa-ITS, penulis mendapatkan juara 1 dari 40 tim peserta lomba diseluruh universitas di Indonesia.

Email: azzarieharitz1@gmail.com