TUGAS AKHIR - MN141581

ANALISIS TEKNIS TENGGELAMNYA KM. MERATUS BANJAR 2 DI PERAIRAN MASALEMBO

ANDI KUSUMA
NRP. 4112 100 035

Hasanudin, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

TUGAS AKHIR - MN141581

ANALISIS TEKNIS TENGGELAMNYA KM. MERATUS BANJAR 2 DI PERAIRAN MASALEMBO

Andi Kusuma
NRP. 4112 100 035

Hasanudin, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

FINAL PROJECT - MN141581

TECHNICAL ANALYSIS THE CAPSIZE OF KM. MERATUS BANJAR 2 IN MASALEMBO WATERS

Andi Kusuma
NRP. 4112 100 035

Hasanudin, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS TENGGELAMNYA KM. MERATUS BANJAR 2 DI PERAIRAN MASALEMBO

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

ANDI KUSUMA
NRP. 4112 100 035

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

Hasanudin, S.T., M.T.
NIP. 19800623 200604 1 001

SURABAYA, JULI 2016

LEMBAR REVISI

ANALISIS TEKNIS TENGGELAMNYA KM. MERATUS BANJAR 2 DI PERAIRAN MASALEMBO

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 23 Juni 2016

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANDI KUSUMA
NRP. 4112 100 035

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Ayawan, M.Sc., Ph.D. .....

2. Totok Yulianto, S.T., M.T. .....

3. Imam Baihaqi, S.T., M.T. .....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Hasanudin, S.T., M.T. .....

SURABAYA, JULI 2016

ANALISIS TEKNIS TENGGELAMNYA KM. MERATUS BANJAR 2 DI PERAIRAN MASALEMBO

Nama Penulis	:	Andi Kusuma
NRP	:	4112 100 035
Jurusan / Fakultas	:	Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosem Pembimbing	:	Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRAK

Meningkatnya frekuensi kejadian kecelakaan transportasi laut di Indonesia akhir-akhir ini semakin memprihatinkan. Kejadian kecelakaan yang dialami transportasi laut beberapa diantaranya terjadi karena tabrakan, kebocoran pada kapal, kebakaran dan lainnya. Tugas Akhir ini bermaksud untuk melakukan analisis secara teknis pada tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 di Perairan Masalembo, pada penelitian ini dilakukan pemodelan kebocoran pada lambung KM. Meratus Banjar 2 untuk dianalisis stabilitas dengan menggunakan software Maxsurf Stability *education version*. Kebocoran terjadi pada *shechast* di kompartemen kamar mesin sisi *portside* sehingga isi tangki-tangki balas berpindah dari starboard ke portside dan mempengaruhi stabilitas kapal. Dari pemodelan kebocoran dapat diketahui pengaruh masuknya air pada kapal terhadap stabilitas kapal. Terutama pengaruhnya pada lengan pengembali (GZ). Setelah dilakukan analisis stabilitas kapal saat kapal mengalami kebocoran di kamar mesin dengan *trim* sebesar 4.50 m di dapatkan, sudut *heeling* sebesar -17.6 deg, *draft* depan 4.715 m, *draft* belakang 9.215 m, *displacement* kapal sebesar 12708 ton dan volume air masuk di kamar mesin sebesar 1250.019 m^3, dengan status kapal GZ mendekati nol (negatif) sebesar -0.0004 m. Berdasarkan hasil analisis di atas nilai GZ pada saat bocor adalah negative, sehingga kapal tidak memiliki momen pengembali yng cukup. Hal ini mengakibatkan kapal mengalami *capsize* dan akhirnya tenggelam.

Kata kunci: *capzise*, kebocoran, kecelakaan kapal, lengan pengembali, *sechest*, stabilitas.

TECHNICAL ANALYSIS THE CAPSIZE OF KM. MERATUS BANJAR 2 IN MASALEMBO WATERS

Author Name : Andi Kusuma
ID No. : 4112 100 035
Dept. / Faculty: Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisior : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRACT

The enhancement of sea transportation accident in Indonesia recently, is very alarming. Some of those accidents are collisions, leakages, burning ships, and the others. The objective of this final project is to analyze technically about the capsize of MV. Meratus Banjar 2 in Masalembo Waters. This research conducted leakage modelling of MV. Meratus Banjar's 2 hull to analyze its stability by using Maxsurf module education version. The leakages occured on starboard side seachest in engine room. Because of this, water ballast moved from starboard to port side and affected the ship's stability. From the leakage modelling, known that the incoming water to ship affected ship's stability. Especially, affected the righting arm (GZ). After doing stability analysis when the ship is leaking with trim 4.50 m, obtained heel angle -17.6 deg, fore draft 4.715 m, aft draft 9.215 m, ship's displacement: 12708 ton, and incoming water's volume 1250.019 m^3, ship's status GZ negative -0.0004. Due to analysis result known that when the ship is leaking, GZ value is negative, so the ship didn't have enough righting moment. Because of this, the ship is capsize and sink.

Keywords: *capzise*, damage, accident on ship, righting arm (GZ), sechest, stability.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR REVISI iv
KATA PENGANTAR vi
UCAPAN TERIMA KASIH vii
ABSTRAK viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xvi
DAFTAR SIMBOL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
I.1. Latar Belakang 1
I.2. Rumusan Masalah 2
I.3. Batasan Masalah 3
I.4. Tujuan 3
I.5. Manfaat 3
BAB II KONDISI KECELAKAAN LAUT 5
II.1. Perairan Masalembo 5
II.2. Kecelakaan 7
II.3. Penyebab Terjadinya Kecelakaan Transportasi Laut 8
II.4. Karateristik Kecelakaan Transportasi Laut 9
BAB III DASAR TEORI 13
III.1. Kebocoran 13
III.2. *Trim* 18
III.3. Stabilitas 20
III.3.1. Stabilitas Statis 27
III.3.2. Stabilitas Dinamis 31
III.3.3. Stabilitas Kapal Saat Mengalami Kebocoran 33
III.3.4. Kurva Stabilitas 36
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 39

IV.1 Diagram Alir 39
IV.2. Tahap Pengerjaan 40
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 65
V.1. Analisis Data KM. Meratus Banjar 2 65
V.2. Perencanaan Kebocoran 65
V.2.1. Kronologi 1 66
V.2.2. Kronologi 2 67
V.2.3. Kronologi 3 68
V.2.4. Kronologi 4 69
V.2.5. Kronologi 5 70
V.2.6. Kronologi 6 71
V.2.7. Kronologi 7 73
V.2.8. Kronologi 8 74
V.2.9. Kronologi 9 75
V.2.10. Kronologi 10 76
V.3. Analisis Stabilitas KM. Meratus Banjar 2 78
V.3.1. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 1 78
V.3.2. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 2 79
V.3.3. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 3 79
V.3.4. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 4 80
V.3.5. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 5 81
V.3.6. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 6 81
V.3.7. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 7 82
V.3.8. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 8 83
V.3.9. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 9 83
V.3.10. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 10 84
V.3.11. Resume Stabilitas KM. Meratus Banjar 2 85

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 89
VI.1. Kesimpulan 89
VI.2. Saran 90
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Perairan Masalembo 5
Gambar II.2. Kecelakaan kapal Dumai *Express* 7
Gambar III.1. Kapal dalam keadaan bocor 14
Gambar III.2. Macam-macam trim 18
Gambar III.3. Kapal dalam keadaan oleng 21
Gambar III.4. Kondisi stabilitas positif 22
Gambar III.5. Kondisi stabilitas netral 22
Gambar III.6. Kodisi stabilitas negative 23
Gambar III.7. Letak perpindahan titik tekan 23
Gambar III.8. Sketsa momen penegak atau pengembali 26
Gambar III.9. Gaya-gaya yang bekerja pada saat kapal oleng 27
Gambar III.10. Baji masuk dan baji keluar 28
Gambar III.11. Lengan stabilitas bentuk dan berat 30
Gambar III.12. Titik-titik penting saat kapal oleng 31
Gambar III.13. titik berat baji masuk dan baji keluar 32
Gambar IV.1. Diagram alir pengerjaan 40
Gambar IV.2. KM. Meratus Banjar 2 41
Gambar IV.3. *General Arrangement* KM. Meratus Banjar 2 42
Gambar IV.4. *Capacity plan* KM. Meratus Banjar 2 43
Gambar IV.5. Tampilan grafis dari Maxsurf Modeller 45
Gambar IV.6. *Import background* pada Maxsurf Modeller 46
Gambar IV.7. *Add surface* pada Maxsurf Moddeller 47
Gambar IV.8. *Body plan*, *profile*, dan *plan* 48
Gambar IV.9. *Survace properties* 48
Gambar IV.10. Model lambung KM. Meratus Banjar 2 49
Gambar IV.11. *Calculate hydrostatic* 50
Gambar IV.12. Tampilan grafis Maxsurf Stability 52
Gambar IV.13. *Section calculation options* 52
Gambar IV.14. *Room definition window* 53

Gambar IV.15. Model tangki-tangki KM. Meratus Banjar 2 54
Gambar IV.16. Model tangki dilihat dari tampak atas 54
Gambar IV.17. Model tangki dilihat dari tampak samping 55
Gambar IV.18. Perencanaan kebocoran 58
Gambar IV.19. *Add damage case* 58
Gambar IV.20. *Damage case* properties 59
Gambar IV.21. Pembocoran pada engine room 59
Gambar IV.22. Analisis Model, *load case*, dan *damage case* 60
Gambar IV.23. *Engine room* mengalami kebocoran 61
Gambar IV.24. Grafik *Curve Section Area* 62
Gambar V.1. Tampak atas tangki kapal (kronologi 1)……..66
Gambar V.2. Pencocokan model kejadian (kronologi 1) 66
Gambar V.3. Tampak atas tangki kapal (kronologi 2) 67
Gambar V.4. Pencocokan model kejadian (kronologi 2) 67
Gambar V.5. Tampak atas tangki kapal (kronologi 3) 68
Gambar V.6. Pencocokan model kejadian (kronologi 3) 68
Gambar V.7. Tampak atas tangki kapal (kronologi 4) 69
Gambar V.8. Pencocokan model kejadian (kronologi 4) 69
Gambar V.9. Tampak atas tangki kapal (kronologi 5) 70
Gambar V.10. Pencocokan model kejadian (kronologi 5) 71
Gambar V.11. Tampak atas tangki kapal (kronologi 6) 71
Gambar V.12. Pencocokan model kejadian (kronologi 6) 72
Gambar V.13. Tampak atas tangki kapal (kronologi 7) 73
Gambar V.14. Pencocokan model kejadian (kronologi 7) 73
Gambar V.15. Tampak atas tangki kapal (kronologi 8) 74
Gambar V.16. Pencocokan model kejadian (kronologi 8) 75
Gambar V.17. Tampak atas tangki kapal (kronologi 9) 75
Gambar V.18. Pencocokan model kejadian (kronologi 9) 76
Gambar V.19. Tampak atas tangki kapal (kronologi 10) 77
Gambar V.20. Pencocokan model kejadian (kronologi 10) 77
Gambar V.21. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (Kronologi 1) 78
Gambar V.22. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 2) 79

Gambar V.23. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 3) 80
Gambar V.24. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 4) 80
Gambar V.25. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 5) 81
Gambar V.26. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 6) 82
Gambar V.27. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 7) 82
Gambar V.28. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 8) 83
Gambar V.29. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 9) 84
Gambar V.30. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 10) 84
Gambar V.31. Resume grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2..... 86

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Karateristik kecelakaan transportasi laut 9
Tabel IV.1. Hasil hidrostatik pada Maxsurf……..50
Tabel IV.2. Perbandingan hasil kalkulasi model dan kapal sebenarnya 51
Tabel IV.3. *Input* tangki-tangki pada *room definition window* 53
Tabel IV.4. Analisis *density* pada Maxsurf Stability..... 55
Tabel IV.5. *Tank calibration* pada Maxsurf Stability 56
Tabel IV.6. *Load case* yang kompartemennya mengalami *damage*..... 60
Tabel IV.7. *Current result window*..... 61
Tabel V.1. Resume stabilitas KM. Meratus Banjar 2……...85

DAFTAR SIMBOL

L	=	Panjang kapal (m)
Loa	=	*Length overall* (m)
Lpp	=	*Length perperdicular* (m)
T	=	Sarat kapal (m)
H	=	Tinggi lambung kapal (m)
B	=	Lebar keseluruhan kapal (m)
H	=	Tinggi keseluruhan kapal (m)
Vs	=	Kecepatan dinas kapal (knot)
C_B	=	Koefisien blok
Cp	=	Koefisien prismatik
Cm	=	Koefisien midship
Cwp	=	Koefisien *water plane*
ρ	=	Massa jenis (kg/m^3)
g	=	Percepatan gravitasi (m/s^2)
Δ	=	*Displacement* kapal (ton)
M	=	Titik Metacenter
B	=	Titik Bouyancy awal
B’	=	Titik Bouyancy saat oleng
G	=	Titik Berat awal
G’	=	Titik Berat saat oleng
K	=	Titik Keel
v1	=	Volume baji yang tercelup (m3)
v2	=	Volume baji yang timbul (m3)
LCB	=	*Longitudinal center of bouyancy* (m)
VCG	=	*Vertical center of gravity* (m)
LCG	=	*Longitudinal center of gravity* (m)
LCF	=	Longitudinal center of floatation (m)

GZ	=	Lengan Penegak (m)
GZmax	=	Lengan penegak stabilitas positif maksimum
P	=	Berat air yang masuk ke dalam kompartemen sampai garis air awal yang akan mengurangi bouyancy kapal atau lost bouyancy
v	=	volume air yang masuk ke dalam kompartemen, lost bouyancy

BAB I
PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki wilayah seluas 7,7 juta km^2, dengan luas lautan 2/3 wilayah Indonesia, dan garis pantai terpanjang ke empat di dunia sepanjang 95.181 km, serta memiliki 17.480 pulau mempunyai potensi ekonomi pada jasa transportasi laut (pelayaran) yang sangat besar, karena sudah tidak dapat dipungkiri lagi bahwa transportasi laut (kapal) merupakan sarana transportasi utama guna menjangkau dan menghubungkan pulau-pulau di wilayah nusantara sehingga menciptakan konektifitas antar pulau di Indonesia (Adityawarman,2012). Salah satu strategi percepatan dan perluasan pembangunan ekonomi nasional adalah dengan mengedepankan penguatan konektifitas antar pulau terutama pulau-pulau terluar. Konektifitas ini hanya bisa terwujud apabila transportasi laut di negara kepulauan terus diperankan secara signifikan. (Sutardjo, 2012). Salah satunya adalah kapal kontainer yang merupakan alat transportasi laut yang dapat mengirimkan barang antar pulau di Indonesia.

Kapal kontainer didesain untuk pemuatan kontainer dalam tumpukan atau sel vertikal, dapat didalam ruang muat, di geladak, atau kombinasi dari keduanya. kontainer diukur dalam FEU's atau TEU's. Satu FEU adalah sebuah kontainer dengan panjang 40 feet, sedangkan satu TEU adalah satu kontainer dengan panjang 20 feet. FEU adalah singkatan dari "*Forty foot Equivalent Unit*", sedangkan TEU adalah "*Twenty foot Equivalent Unit*". Kapal kontainer memiliki berbagai keuntungan yaitu, resiko kehilangan serta kerusakan sangat kecil, bongkar muat sangat cepat, biaya lebih murah (biaya pengapalan, biaya penumpukan, biaya penyediaan pengepakan/ kemasan seperti peti-peti dll), resiko bercampurnya barang-barang yang dapat merusak kemungkinan besar jarang terjadi, bagi pemilik barang sangat mudah mengawasinya (cukup dengan mengetahui nomor kontainer).

Meningkatnya frekuensi kejadian kecelakaan transportasi laut di Indonesia akhir-akhir ini semakin memprihatinkan. Kejadian kecelakaan yang dialami transportasi laut beberapa diantaranya adalah tenggelamnya kapal, tabrakan antar kapal dan kebakaran pada kapal. Yang mana tenggelamnya kapal terjadi karena beberapa faktor, seperti kapal mengalami kebocoran di bagian lambung, dimana setiap kapal yang tenggelam akan berdampak kerugian yang sangat

besar bagi pemilik kapal (*Owner*) maupun pihak ansuransi yang bersangkutan serta akan memakan banyak korban jiwa. Maka dari itu pentingnya keselamatan kapal pada saat berlayar. Hal yang paling mungkin dapat dilakukan oleh perancang kapal adalah berusaha semaksimal mungkin agar ketika mengalami kebocoran kapal masih memiliki daya apung cadangan yang cukup sehingga masih dapat mengapung dan memiliki stabilitas yang baik (Vossnack dan Boonstra, 1992). Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan membagi kapal menjadi beberapa ruangan atau kompartemen dengan memberikan sekat kedap pada kapal baik secara melintang maupun memanjang. Adapun fungsi dari pembagian ruangan ini adalah untuk mengurangi hilangnya stabilitas melintang dan memanjang akibat kebocoran, mengurangi *free surface moment*, melindungi kerusakan pada muatan, serta mengurangi hilangnya daya apung cadangan kapal (Nickum, 1988).

Pada tanggal 2 September 2015 sekitar pukul 10.00 waktu setempat, masyarakat dikejutkan dengan peristiwa kecelakaan kapal yaitu tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 di perairan Masalembo. Awalnya pada tanggal 31 Agustus 2015 kapal tersebtu berlayar dari pelabuhan Tanjung Perak menuju Makasar, di tengah perjalanan menuju Makasar KM. Meratus Banjar 2 mengalami kecelakaan dan tenggelam.

Tugas Akhir ini bermaksud untuk melakukan analisis secara teknis tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 di perairan Masalembo. Analisis teknis tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 dimulai dari pemodelan kapal pada saat kapal berangkat sampai dengan tenggelamnya kapal, dari pemodelan tersebut akan dianalisis stabilitas kapal dan kebocoran kapal. Hasil analisis tersebut bisa bermanfaat sebagai pembelajaran untuk mengetahuin kodisi yang terjadi pada kapal apabila terjadi kebocoran dan bisa digunakan untuk mengantisipasi agar tidak terjadi hal serupa pada kapal-kapal lain.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, munculah beberapa permasalahan yang akan diselesaikan antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana kronologi tenggelamnya KM. Mratus Banjar 2?
2. Apa penyebab tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2?
3. Bagaimana analisis stabilitas KM. Meratus Banjar 2 pada saat kapal berangkat dan saat terjadinya kebocoran?
4. Bagaimana cara menghindari kecelakaan seperti yang terjadi pada KM. Meratus Banjar 2?

I.3. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan permasalah, antara lain sebagai berikut:

1. Obyek penelitian adalah tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 di Perairan Masalembo.
2. Analisis hanya terbatas pada penyebab kecelakaan KM. Meratus Banjar 2 karena kebocoran dan stabilitas yang terjadi pada kapal.
3. Pada saat kecelakaan kapal, kondisi laut dalam cuaca baik atau kondisi air tenang.

I.4. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui kronologi tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2.
2. Mengetahui penyebab tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2.
3. Mengetahui stabilitas KM. Meratus Banjar 2 pada saat kapal berangkat dan saat terjadi kebocoran.
4. Mengetahui cara menghindari kecelakaan seperti yang terjadi pada KM. Meratus Banjar 2.

I.5. Manfaat

Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan :

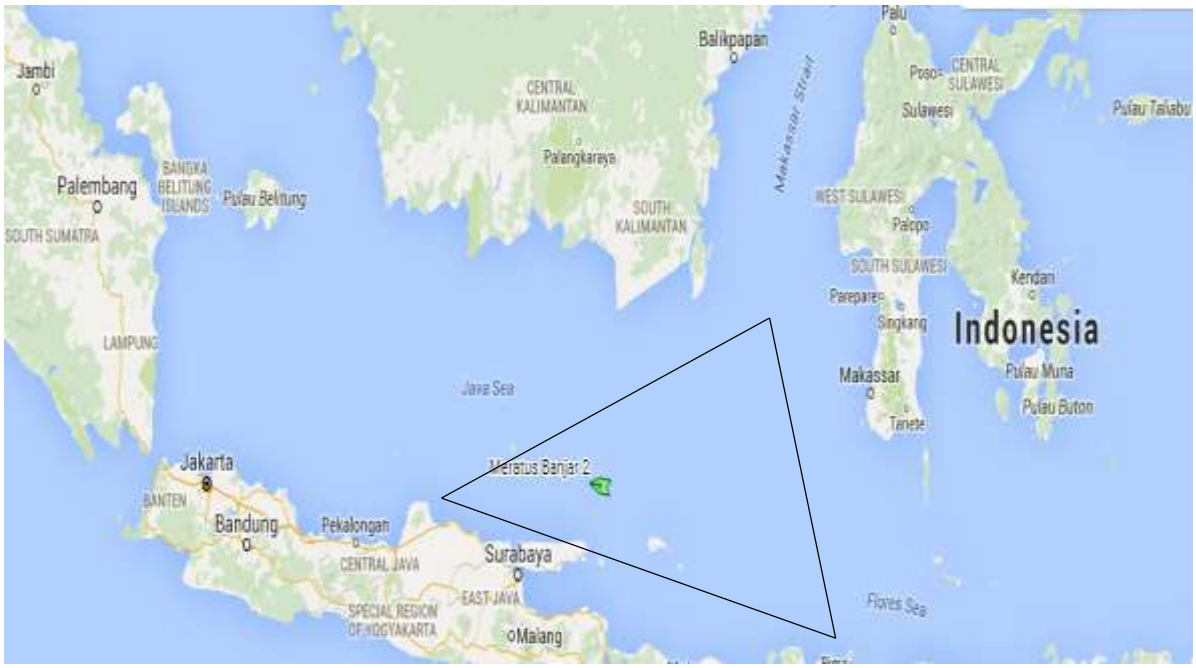
1. Bermanfaat untuk ABK, agar dapat mengantisipadi supaya tidak terjadi hal serupa pada kapal lain yang mengalami kebocoran, terutama untuk jenis kapal container.
2. Bermanfaat sebagai referensi bagi regulator, operator kapal, badan klasifikasi, serta semua pihak terkait lainnya untuk mengantisipasi agar tidak terjadi hal serupa pada kapal lain, terutama untuk kapal jenis container.
3. Bermanfaat sebagai pembelajaran untuk mengetahuin kodisi yang terjadi pada kapal apabila terjadi kebocoran.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
TINJAUAN KECELAKAAN LAUT

II.1. Perairan Masalembo

Perairan Masalembo adalah sebuah perairan Indonesia yang terletak Laut Jawa, tepatnya pertemuan antara laut Jawa dengan Selat Makasar. Wilayah ini sering disebut sebagai segitiga bermuda Indonesia karena kejadian misterius yang terjadi hampir sama dengan rentetan kecelakaan yang pernah terjadi di bermuda *triangle*. Masalembo menjadi terkenal ketika kecelakaan yang sering terjadi di daerah tersebut serta cerita masyarakat yang mengkaitkan kecelakaan di perairan tersebut dengan hal mistis yang beredar disana.



Gambar II.1. Perairan Masalembo
(sumber: http ://www.*marinetraffic*.com)

Kawasan perairan Masalembo jika dilihat secara geografis dimana nama segitiga Masalembo muncul akibat garis khayal yang berbentuk segitiga sama sisi didasar laut Kepulauan Masalembo dan dapat dilihat pada Gambar II.1 menunjukan garis khayal di dasar laut ini amat sempurna sebagai bentuk segitiga, terletak di antara Laut Jawa dan Selat Makassar. Kepulauan Masalembo sendiri terdiri dari tiga pulau kecil, Pulau Masalembo, Pulau Masakambing, dan Pulau Keramaian. Ketiga pulau yang berpenghuni seribu hingga tiga ribuan jiwa ini termasuk dalam wilayah Kecamatan Masalembu, Kabupaten Sumenep, Provinsi Jawa

Timur. Berjarak dengan jarak sekitar 112 mil laut dari Pelabuhan Kalianget, Sumenep. Terdapat sebuah pulau yang tidak memiliki berpenghuni atau jarang sekali orang yang berkunjung di pulau tersebut, Pulau itu bernama Pulau Kambing.

Beberapa penjelasan ilmiah ini akan menjelaskan keanehan yang terjadi pada perairan sekitar Masalembo. Sulawesi selatan bisa dikatakan sebagai kawasan segitiga bermuda versi Indonesia dikarenakan adanya perairan dalam yang berputar. Terbentuknya arus yang sangat kencang di Segitiga Maselembo berasal dari air laut yang mengalir dari barat kemudian memanjang ke Laut Jawa seperti *monsoonal stream* atau arus musiman. Sedangkan dari Selat Makassar, terdapat arus dari utara yang disebut thermoklin. Thermoklin merupakan kondisi air laut yang terjadi akibar perbedaan suhu. Kedua arus yang berbeda ini kemudian bertemu di Segitiga Masalembo, membawa banyak aspek lain yang ikut mengalir dengan aliran tersebut termasuk sediment laut. Munculnya pendapat ilmiah tentang segitiga bermuda ini jika melihat semua musibah yang terjadi kurun waktu Desember sampai januari atau Juli sampai bulan Agustus.

Arus kencang benturan antara tiga perairan ditambah dengan terbawanya air laut dingin dari samudera Pasifik menuju Samudera Indonesia dan hampir keseluruhannya melalui selat Makassar. Aliran air laut yang disebut aliran Arlindo membawa air laut dingin dari samudra pasifik ke samudera indonesia dengan debit kira-kira hingga 15 juta meterkubik per detik dan hampir keseluruhannya melalui selat makassar. Jika dari segi geologinya, kapal karam di perairan Masalembo memang sangat mungkin terjadi. Akan tetapi kondisi “Segitiga Bermuda” di Indonesia ini memiliki keanehan tersendiri, sebab gaya magnetik yang terdapat di sana tergolong sangat kecil, beda halnya dengan Segitiga Bermuda di Atlantik. Hal inilah yang banyak mengundang tanya perihal peristiwa pesawat adam air yang hilang diperairan Masalembo.

Hal yang paling logis untuk menjelaskan kondisi magnetik di Masalembo adalah keberadaan kantong udara di perairan Masalembo. Pakar penerbangan Kamis Martono menyebutkan, area segitiga masalembo memiliki titik kantung udara (*air pocket*). Kantong udara adalah ruangan yang berisi udara yang mengalir dengan kecepatan tinggi sehingga dapat menyedot pesawat, kapal atau atau benda apapun di sekitarnya. Biasanya titik *air pocket* ini berada di sekitar kawasan pegunungan. Jika di atas wilayah *air pocket* ini melintas pesawat udara dengan ketinggian yang rendah, pesawat ini bisa saja tiba-tiba tersedot ke bawah menghantam bumi atau justru terlontar ke atas (Anonim, 2015).

II.2. Kecelakaan

Menurut Frank Bird, “kecelakaan adalah kejadian yang tidak diinginkan yang mengakibatkan cedera fisik untuk seseorang atau kerusakan properti. Ini biasanya merupakan hasil dari kontak dengan sumber energi (kinetik, listrik, kimia)”. Menurut Heinrich, Petersen dan Roos, 1980 “Kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak terencana dan tidak terkendali akibat dari suatu tindakan atau reaksi suatu objek, bahan, orang atau radiasi yang mengakibatkan cidera atau kemungkinan akibat lainnya”.

Gambar II.2. Kecelakaan kapal Dumai *Express*
(sumber: https://aplikasiergonomi.wordpress.com)

Kecelakaan adalah semua kejadian yang tidak direncanakan yang menyebabkan atau berpotensial menyebabkan cidera, kesakitan, kerusakan, atau kerugian lainnya. Sementara itu, menurut OHSAS Kecelakaan didefinisikan sebagai kejadian yang dapat menyebabkan cidera atau kesakitan (tergantung dari keparahannya) kejadian kematian atau kejadian yang dapat menyebabkan kematian. Pengertian ini digunakan juga untuk kejadian yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Gambar II.2 adalah kecelakaan laut pada kapal Dumai *Express*.

Berdasarkan beberapa pengertian di atas dapat kita simpulkan bahwa kecelakaan (*accident*) adalah peristiwa berupa kejadian atau musibah, yang tidak dikehendaki oleh pihak-pihak, terjadi sebelum, dalam waktu atau sesudah penyelenggaraan pengangkutan karena perbuatan manusia atau kerusakan alat pengangkut sehingga menimbulkan kerugian material, fisik, jiwa atau hilangnya mata pencaharian bagi pihak penumpang, pemilik barang atau pihak pengangkut.

II.3. Penyebab Terjadinya Kecelakaan Transportasi Laut

Kecelakaan-kecelakaan yang terjadi pada transportasi laut telah banyak yang terjadi. Insiden yang terjadi biasanya adalah tenggelam akibat kelebihan muatan, terbakar atau meledak, ataupun tenggelam akibat dari faktor alam. Tetapi berdasarkan data dari Mahkamah Pelayaran faktor kesalahan manusia adalah penyebab utama dari kecelakaan transportasi laut yang ada. Sebanyak 88% kejadian disebabkan oleh *human error* dari orang-orang yang ada dalam sistem transportasi laut. Hanya beberapa saja yang disebabkan oleh faktor alam atau cuaca. Faktor-faktor penyebab yang secara langsung menyebabkan terjadinya kecelakaan laut sebagai berikut:

a. Faktor Manusia

Faktor manusia merupakan faktor yang paling besar meliputi:

- Kecerobohan dalam menjalankan kapal.
- Kekurangmampuan awak kapal dalam menguasai berbagai permasalahan yang mungkin timbul dalam operasional kapal.
- Secara sadar memuat kapal secara berlebihan.
- Kurangnya kesadaran masyarakat akan arti pentingnya keselamatan pelayaran sehingga masih sering memaksakan kehendak untuk menjadi penumpang tanpa memperdulikan keselamatan pelayaran.

b. Faktor Teknis

Faktor teknis biasanya terkait dengan kekurangcermatan dalam mendesain kapal. Penelantaran perawatan kapal sehingga mengakibatkan kerusakan kapal atau bagian-bagian kapal yang menyebabkan kapal mengalamai kecelakaan, terbakarnya kapal seperti yang dialami oleh Kapal Tampomas di Perairan Masalembo.

c. Faktor Alam

Faktor cuaca buruk merupakan permasalahan yang sering dianggap sebagai penyebab utama dalam kecelakaan laut. Permasalahan yang biasanya dialami adalah badai, gelombang yang tinggi yang dipengaruhi oleh musim/badai, arus yang besar, kabut yang mengakibatkan jarak pandang yang terbatas.

Kecelakaan laut meningkat seiring dengan peningkatan jumlah kapal. Sebagaimana telah dipahami secara luas, kecelakaan laut dapat diakibatkan oleh faktor manusia, alam, dan teknis, serta interaksi dan kombinasi antara ketiga faktor tersebut. Dalam berlayar, manusia sebagai pengguna transportasi berinteraksi dengan kapal dan lingkungan di sekitarnya.

II.4. Karateristik Kecelakaan Transportasi Laut

Kapal sebagai sarana angkutan laut antar pulau yang banyak diminati masyarakat memiliki resiko kecelakaan yang cukup tinggi. Setiap saat keselamatan jiwa manusia di laut bisa terancam, baik para awak kapal atau pelaut maupun penumpang. Dari fakta dan data yang diperoleh ternyata kecelakaan laut telah memakan korban jiwa dan harta yang tidak sedikit, kecelakaan itu bisa terjadi dimana saja, kapan saja dan menimpa siapa saja.

Untuk menghadapi kemungkinan terjadinya kecelakaan laut, para awak kapal dan penumpang harus mengetahui tentang cara-cara penyelamatan diri sewaktu kecelakaan di kapal (*personal survival technique*), pemadam kebakaran (*fire fighting*), pertolongan pertama pada kecelakaan (*first aid*) dan keselamatan diri dalam tanggung jawab sosial (*personal safety and social responsibility*).

Para awak kapal harus memiliki pengetahuan *(knowledge*), pemahaman (*understanding*), kecakapan (*proficiency*) serta keterampilan (*skill*) yang diperlukan untuk mengantisipasi resiko kecelakaan dan meminimalisir kesalahan manusia (*human error*) sebagai salah satu faktor kecelakaan laut yang terjadi (Zamzam,2014)

Karakteristik kecelakaan pada umumnya adalah:

- Kecelakaan sebagai kejadian yang langka.
- Kecelakaan sebagai suatu peristiwa yang tidak tahu kapan akan terjadi
- Kecelakaan sebagai peristiwa-peristiwa multi faktor.

Tabel II.1. Karateristik kecelakaan transportasi laut

	TIPIKAL KECELAKAAN	OBJEK
What	Tipe kecelakaan : • tenggelam • terbakar • tubrukan • kandas	• Kapal Motor • Kapal Layar Motor • *Tug Boat* • Tongkang • Kapal Tanker • Kapal Kontainer
	Faktor teknis :	

	• Kurang cermat dalam mendesain kapal. • Penelantaran perawatan kapal sehingga mengakibatkan kerusakan kapal atau bagian-bagian kapal yang menyebabkan kapal mengalamai kecelakaan kapal, terbakarnya kapal. Faktor alam : • Cuaca buruk : badai, gelombang tinggi yang dipengaruhi oleh musim/badai, arus yang besar, kabut yang mengakibatkan jarak pandang yang terbatas.	• Pemilik kapal • *Marine Inspector* • Awak kapal • Galangan kapal • Pemasok peralatan kapal • Alur pelayaran • Kolam pelabuhan • Informasi BMKG
Who	Yang terlibat kecelakaan dan korban kecelakaan : • Kapal yang terlibat kecelakaan. • Manusia (laki-laki, perempuan, usia muda , dewasa, lanjut usia).	• Nakhoda / Juru mudi kapal • ABK • Penumpang
Where	Lokasi tempat kejadian kecelakaan : • Lokasi kecelakaan	• Alur pelayaran kapal • Kolam pelabuhan • Dermaga
When	Waktu kejadian kecelakaan : • Tanggal kejadian	• Kapal • Nakhoda

	• Jam kejadian	• Penumpang
How	Kronologis kejadian kecelakaan : • Pergerakan kapal • Kondisi kapal	• Kapal

Pada Tabel II.1 dijelaskan beberapa karateristik kecelakaan transportasi laut mulai dari tipe kecelakaan, faktor kecelakaan, lokasi tempat kejadian kecelakaan dan waktu kecelakaan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
DASAR TEORI

III.1. Kebocoran

Kapal bisa disebut suatu bangunan apung yang tersusun dari pelat besi dan baja atau bisa juga tersusun dari bahan lain seperti aluminum, kayu, *fiber*. Kapal mempunyai kompartemen-kompartemen atau tangki-tangki. Jika kulit kapal (pelat kapal) mengalami kerusakan atau kebocoran maka akan mengakibatkan air laut masuk ke dalam ruangan atau kompartemen kapal tersebut. Hal ini berlangsung sampai terjadi keseimbangan baru dari kapal atau sampai kapal itu sendiri tenggelam karena kemasukan air. Kebocoran pada kompartemen mengakibatkan perubahan sarat, *trim*, dan *heel* (Biran, 2003). Dalam praktiknya mustahil untuk membuat kapal yang benar-benar mampu bertahan untuk tidak mengalami kebocoran (*flooding*) baik karena kecelakaan, kandas, ataupun sebab lainnya. Oleh sebab itu, para *naval architectecture* berusaha semaksimal dan seoptimal mungkin untuk mengurangi kemungkinan kapal tenggelam akibat kebocoran (*flooding*), baik dari segi konstruksi maupun peraturan dan standart pelayaran. Untuk itu pulalah dibuat regulasi sehingga ketika kapal mengalami kebocoran kapal masih bisa mengapung dan *crew* kapal dapat diselamatkan. Peraturan dan standart yang mengatur tentang kebocoran pada kapal ini yaitu SOLAS tentang *subdivision and damage stability*. (Rawson, 1983).

Kapal dalam masa hidupnya banyak mengalami bahaya. Pada kapal yang dirancang dengan baik, bahaya timbul karena penanganan kapal secara salah, kecelakaan atau tindakan musuh. Bahaya itu dapat menyebabkan kebocoran, kebakaran, ledakan, kerusakan konstruksi atau gabungannya. Dalam hal ini dibahas pengaruh air yang masuk ke badan kapal, baik itu karena tubrukan, kandas, tindakan musuh atau kerja suatu sistem yang terhubung dengan laut. Masuknya air dalam satu atau lebih kompartemen mempunyai akibat-akibat berikut:

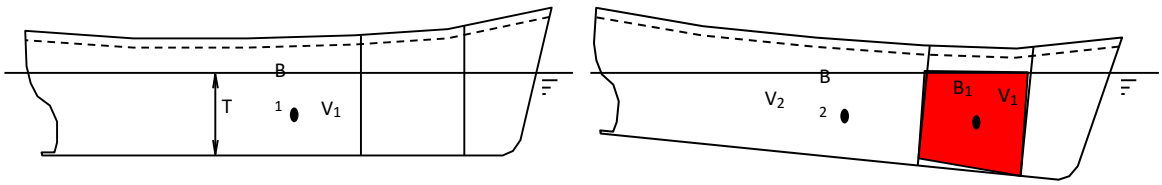
- sarat kapal akan bertambah
- *trim* kapal akan berubah
- stabilitas kapal akan berkurang
- terjadinya oleng (*heel*)
- perubahan *freeboard*

Apapun penyebabnya, kita harus membatasi banyaknya air yang masuk karena alasan-alasan berikut:

- supaya berkurangnya stabilitas melintang sekecil mungkin
- supaya kerusakan muatan sesedikit mungkin.
- supaya kapal jangan kehilangan stabilitas memanjang.
- supaya berkurangnya gaya apung cadangan sesedikit mungkin.

Idealnya, kapal mengalami kebocoran yang makin lama makin besar tanpa kehilangan stabilitasnya sampai kapal tenggelam. Kejadian ini disebut *foundering.* Jika kapal tetap tegak, maka berjalan (atau berlari), naik turun tangga, menurunkan sekoci penyelamat dan lain-lain akan jauh lebih mudah. Jika suatu ruangan terhubung dengan air laut, maka dalam ruangan itu gaya apung berkurang/hilang dan momen inersia garis air berkurang, hingga lengan stabilitas kapal berkurang. Untuk mengatasi hal-hal tersebut, dapat diberikan sekat melintang dan memanjang dalam jumlah besar. Tetapi sekat-sekat yang banyak ini akan menyebabkan kapal menjadi lebih besar, pembuatannya makin mahal, bergerak dari satu ruangan ke ruangan lain lebih susah, muatan lebih susah dimasukkan ke dalam palkah dan bongkar muat menjadi lebih mahal. Suatu kompromi antara tingkat keselamatan dan segi ekonomis kapal harus ditemukan dan sebagai kompromi disepakati bahwa geladak tidak boleh tenggelam, dan bangunan atas masih terlihat cukup tinggi.

Kapal dianggap masih belum tenggelam jika geladaknya masih berada di atas air, meskipun hanya sedikit. Menurut perjanjian, jarak ini diambil 76 mm (atau 3 inci) dan garis yang sejajar geladak ini disebut garis batas atau *margin line*. Di atas sudah disebut bahwa cara paling efektif supaya kapal tidak mudah tenggelam adalah dengan membuat sekat-sekat lintang. Persoalannya adalah berapa banyak sekat dan diletakkan di mana.



Keadaan 1 keadaan 2

Gambar III.1. Kapal dalam keadaan bocor

Pada Gambar III.1 dapat dilihat keadaan I, kapal pada sarat rancang dengan sarat T. Ada beberapa sekat di kapal ini, tetapi yang digambar hanya dua, membatasi suatu ruangan kosong.

Pada keadaan II, ruangan tersebut bocor yang ditandai dengan warna merah dan air masuk sehingga sekarang air di luar menyinggung margin line.

Untuk mengetahui banyaknya air yang masuk, perlu mengetahui volume displasemen pada kedua keadaan itu, kita sebut V_1 dan V_2. Maka banyaknya air yang masuk bisa dihitung dengan menggunakan persamaan (III.1):

$$\boxed{v = V_2 - V_1} \qquad \text{(III.1)}$$

Jika kedua sekat dapat digeser-geser dengan volume tetap sama dengan v, hal ini membantu supaya air luar tepat menyinggung margin line. Keadaan II dapat kita lihat sebagai gabungan keadaan I dan air yang masuk. Dari fisika, didapatkan rumus untuk titik berat gabungan pada persamaan (III.2) sebagai berikut:

$$\boxed{x_{B2} = \frac{V_1 x_{B1} + v x_V}{V_1 + v}} \qquad \text{(III.2)}$$

Jadi perlu mencari LCB dari kedua keadaan tersebut, untuk keadaan I kita sebut x_{B1} dan untuk keadaan II kita sebut x_{B2} diukur dari AP misalnya. Dalam persamaan ini, semua volume diketahui atau dapat dihitung, juga x_{B1} dan x_{B2} sudah dihitung, sehingga x_V dapat dihitung.

A. Pengaruh sekat kedap pada kapal (*water tight bulkhead*)

Banyak para ahli mengatakan bahwa semakin banyak sekat kedap pada suatu kapal, maka kapal akan semakin aman dari bahaya tenggelam jika mengalami kebocoran (*flooding*). Hal ini dikarenakan jika kapal mengalami kebocoran pada satu kompartemennya maka air yang masuk tidak akan menyebar ke seluruh bagian kapal karena dibatasi oleh sekat kedap air yang letaknya berdekatan. Secara teori hal ini memang benar dan rasional, namun kenyataan di lapangan menjelaskan bahwa kebocoran terjadi tidak sepenuhnya hanya pada satu kompartemen, akan tetapi bisa dua, tiga, empat, atau bahkan lebih kompartemen yang saling berdekatan.

Menurut logika, semakin banyak sekat maka kapal akan semakin aman. Dilihat dari segi pemenuhan kekuatan dan faktor keamanan terhadap kebocoran penerapan teori tersebut sangat masuk akal. Apalagi jika diterapkan pada kapal tanker dan dilihat dari sudut pandang stabiltas, hal ini tentunya sangat menguntungkan karena semakin banyak sekat kedap maka permukaan bebas zat cair yang ada dalam ruang muat semakin kecil sehingga efek yang ditimbulkan muatan cair pada stabilitas kapal juga kecil, akan tetapi jika dilihat dari segi ekonomis penambahan banyak sekat kedap membuat berat mati kapal menjadi naik. Jika teori ini diterapkan pada kapal kargo hal ini akan cukup berdampak serius karena semakin banyak sekat

maka panjang masing-masing ruangan akan semakin kecil. Hal ini akan berpengaruh pada jenis muatan, banyaknya muatan yang dapat diangkut dan pendapatan yang mungkin menurun inilah yang ditentang para pemilik kapal.

B. Sejarah munculnya *damage stability*

Setelah melalui berbagai pembahasan akibat banyaknya kapal yang tenggelam akibat dari kebocoran (Titanic 1912, Moro Castle dan Mohawk pada 1930-an), akhirnya pada tahun 1926 telah disepakati mengenai penerapan *factorial system of subdivision* yang mensyaratkan kapal minimal mempunyai satu kompartemen standart. Pada tahun 1960, persyaratan ini diubah menjadi minimal dua kompartemen standart. Pada tahun 1964 disepakati suatu aturan mengenai *flood ablelength*. Aturan ini mensyaratkan bahwa jika terjadi satu atau dua kompartemen yang mengalami kebocoran maka kapal harus maksimal masih mempunyai sarat sampai garis batas tenggelam atau sering disebut *margin line* (76 mm di bawah garis geladak). Namun diakhir tahun 1980-an ditemukan fakta bahwa metode atau aturan ini masih belum cukup untuk menjamin keselamatan kapal jika terjadi suatu kebocoran, karena aturan ini tidak mencantumkan perhitungan stabilitas kapal. Padahal stabilitas adalah karakteristik utama pada kapal yang harus diperhatikan. Akhirnya dibuat sebuah perhitungan yang menggabungkan kebocoran dan stabilitas yang disebut *damage stability*. Perhitungan ini diakui untuk digunakan dan dibukukan pertama kali pada PNA vol I tahun 1982.

C. Perhitungan *Damage* dengan Pendekatan Probabilistik

Dalam menghitung kebocoran dahulu para ahli menggunakan metode pendekatan *deterministic*, artinya dalam melakukan perhitungan sudah ditentukan lebih dahulu satu atau dua kompartemen yang akan mengalami kebocoran, sehingga volume air yang masuk dianggap tidak ada artinya jika dibandingkan dengan *displacement* kapal. Serta juga telah ditentukan akibat yang akan timbul yaitu oleng yang terjadi tidak lebih dari 6^0 (stabilitas awal) dan garis air maksimal setelah bocor adalah pada *margin line* (garis yang jaraknya 3 dibawah geladak kekuatan).

Pendekatan di atas sekarang sudah tidak bisa lagi digunakan karena kenyataanya tidak bisa ditentukan kompartemen mana yang mengalami kebocoran dan bagaimana akibat yang ditimbulkannya, sehingga digunakan pendekatan baru yang lebih mendekati kenyataan di lapangan yaitu pendekatan *probabilistic*. Pendekatan ini melakukan satu perhitungan yang mencakup seluruh kemungkinan kasus kebocoran sepanjang kapal yang bias terjadi serta

kemungkinan akibat yang ditimbulkannya. Kemungkinan kasus kebocoran itu bisa satu, dua, tiga, atau lebih kompartemen yang saling berdekatan. Jadi dengan menggunakan metode ini konfigurasi seluruh letak sekat memanjang maupun melintang kapal dapat dinyatakan "*relative* mampu" atau tidak untuk membuat kapal bertahan jika mengalami *flooding* tanpa perlu menghitung jarak sekat per sekat.

Untuk mengakomodasi pendekatan baru ini dalam perhitungan *damage stability*, maka IMO membuat suatu set perhitungan melalui serangkaian penelitian dan berdasar pengalaman yang ada. Hal ini kemudian dituangkan dalam SOLAS *requirement chapter* III*Part* B-1 tentang *Subdivision and damage stability* yang mulai diberlakukan pada tanggal 1 februari 1992. Perhitungan SOLAS telah mencakup dua hal yang disyaratkan dan dibutuhkan dalam perhitungan *damag estability* berdasarkan pendekatan *probabilistic*, yaitu:

1. Perhitungan Pi yang mengakomodasi *probabilistic* atau kemungkinan tentang kompartemen atau grup kompartemen mana yang akan mengalami kebocoran. Kemungkinan ini berlaku sepanjang kapal, yaitu mulai satu kompartemen bocor sampai kemungkinan kompartemen seluruh panjang kapal bocor. Hal yang perlu dicatat bahwa kemungkinan bocor dari grup kompartemen yang terjadi adalah kompartemen yang saling berdekatan.
2. Perhitungan Si yang mengkomodasi *probabilistic* atau kemungkinan atas keselamatan kapal jika kapal mengalami kebocoran pada kompartemen atau grup kompartemennya. Kemungkinan ini juga berlaku sepanjang kapal.

Ketika kapal mengalami kebocoran pada satu atau beberapa kompartemennya, diharapkan kapal tersebut masih mampu bertahan dengan daya apung cadangan. Namun tidak hanya itu, kapal juga harus mempunyai stabilitas yang aman. Untuk itu diperlukan suatu perhitungan untuk mengetahui perubahan sarat rata-rata, *heel*, trim, dan perubahan stabilitas akibat terjadinya kebocoran pada kompartemen (Semyonov, 1963).

Terdapat dua metode yang dapat digunakan dalam perhitungan kesetimbangan akhir pada kondisi kebocoran (Rawson dan Tupper, 2001).

1. *Trim Line Added Weight Method*

Prinsip dari metode perhitungan ini adalah bahwa ketika kapal mengalami kebocoran maka ruangan yang kemasukan air tersebut masih dianggap sebagai bagian dari kapal. Sedangkan air yang masuk itu dianggap sebagai berat tambahan bagi kapal. Karena adanya berat tanbahan ini maka *displacement* kapal akan berubah dari *displacement* awal kapal

sebelum mengalami kebocoran. Jika *displacement* bertambah, makasarat kapal juga akan bertambah.

Metode ini tepat digunakan untuk kasus kebocoran yang kompleks yang mengakibatkan suatu keadaan yang cukup eks*trim* bagi kapal, seperti kombinasi kompartemen yang bocor serta *trim* dan *heel* yang diakibatkannya.

2. *Lost Bouyancy Method*

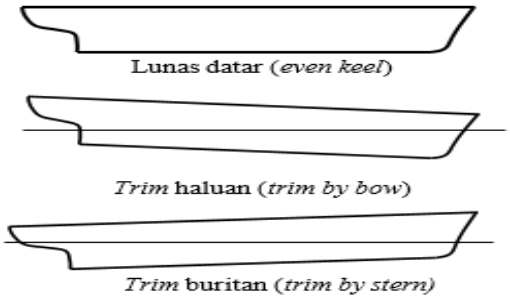
Prinsip dari metode perhitungan ini adalah bahwa ketika kapal mengalami kebocoran maka ruangan yang kemasukan air tersebut sudah tidak dianggap sebagai bagian dari kapal lagi. Akibat bagian kapal yang berkurang, maka besar *buoyancy* atau gaya tekan ke atas juga berkurang. Dengan berkurangnya *bouyancy* ini, maka kapal akan mengalami *sinkage* yang menyebabkan sarat kapal akan bertambah.

Pada perhitungan dengan menggunakan metode *lostbuoyancy*, *displacement*, volume *displacement*, dan KG kapal tidak berubah. Perubahan hanya terjadi pada bentuk dan distribusi volume *buoyancy* kapal karena adanya volume *buoyancy* yang hilang (*lost buoyancy*). Oleh karena itu *lost buoyancy* dikenal dengan *constant displacement method* (Rawson dan Tupper, 2001).

Metode ini mudah dan sederhana jika bentuk kapal dan konfigurasi dari ruangan yang bocor yang menghasilkan *trim*, *sinkage*, dan *heel* mengakibatkan perubahan yang besar pada *waterline* kapal sebelum bocor.

III.2. *Trim*

Trim adalah perbedaan antara *draft* depan pada haluan dan *draft* belakang pada buritan. *Trim* merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur, pada Gambar III.2 dapat dilihat macam- macam *trim*:



Gambar III.2. Macam-macam *trim*

- *Trim evel kill* yaitu *draf* depan kapal saman dengan *draf* belakang kapal
- *Trim by bow* yaitu *draft* belakang lebih kecil dari *draf* depan.
- *Trim by stren* yaitu *draft* belakan lebih besar dari *draft* depan.

❖ Penambahan berat

Beberapa karakteristik penting yang mengalami perubahan akibat adanya penambahan berat yang mempengaruhi stabilitas kapal antara lain:

a. Peningkatan *displacement*. Penambahan berat akan menambah displacement kapal, sehingga displacement akhir akan sama dengan displacement awal ditambah dengan berat tambahan. Akibat penambahan *displacement* ini otomatis sarat kapal akan bertambah.
b. Perpindahan secara vertikal titik G dan M. Ketika berat ditambahkan, akan terjadi beberapa perubahan pada lokasi titik G secara melintang kapal. Lokasi baru G bisa kita tentukan dengan menggunakan persamaan momen pada persamaan di atas. Pada kondisi ini, tinggi metasenter yang baru akan juga bisa kita dapatkan dengan mengkombinasikan harga KG baru serta KM baru (ditentukan oleh *displacement* yang baru).
c. Perubahan *trim* dan sarat kapal. Dengan adanya berat yang berada di kapal dengan lokasi tertentu, maka akan muncul momen *trimming*. Momen *trimming* ini merupakan resultan dari dua gaya yaitu gaya berat tambahan yang arahnya ke bawah dan gaya angkat ke atas yang melalui pusat *layer* tambahan akibat dari beban tambahan. Gaya-gaya ini harus sama besarnya agar tercapai keseimbangan akhir yang baik antara berat kapal dan gaya *bouyancy*-nya. Karena kedua gaya ini bekerja secara vertikal dengan arah berlawanan antara satu dengan yang lainnya, serta terpisahkan secara memanjang, maka kopel yang terbentuk merupakan hasil perkalian antara jarak yang memisahkan kedua gaya tersebut dengan salah satu dari dua gaya yang ada.
d. Penentuan *listing* yang disebabkan dari beberapa *inclining* momen dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan untuk keseimbangan miring, *diplacement* akhir, harga GM akhir, dan *inclining* momen.

❖ Pemindaahan berat

Sejauh ini pemindahan berat berakibat pada perubahan sarat dan *trim*, maka prosedur perhitungan akan sama dengan yang dipakai pada penambahan berat. Dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- Menentukan perubahan sarat dikarenakan berkurangnya *displacement* sebagai akibat dari pemindahan berat, dan konsekuensinya harga KG dan KM akan berubah pula.
- Menentukan perubahan *trim*, dimana di sini tidak ditinjau stabilitas memanjangnya.
- Menghitung sudut *listing*:

$$\tan \phi = \frac{w\,.t}{\Delta 1G1M1} \qquad \text{(III.3)}$$

Dalam menentukan kemiringan yang disebabkan oleh perpindahan berat, harus diperhatikan penyebab terjadinya *listing*. Jika kemiringan (*listing*) yang ada disebabkan karena berat yang dipindahkan, bekerja pada kapal yang tegak dengan titik G-nya di *centerline*, maka perubahan list dapat dihitung sebagaimana prosedur pada penambahan berat. Tapi dalam situasi normal, perpindahan berat biasanya tidak melibatkan situasi yang sesederhana di atas. Kita harus beranggapan bahwa kapal dalam kondisi awalnya adalah tegak atau memiliki miring dan pemindahan berat akan mengakibatkan terjadinya kemiringan.

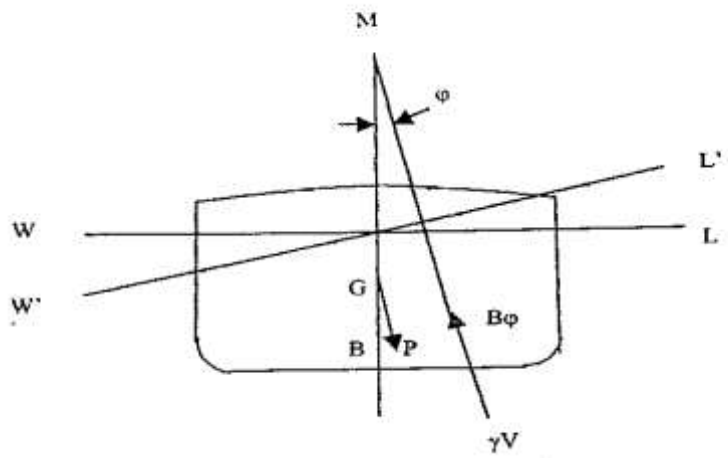
III.3. Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruh oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). (Wakidjo,1972),

Peninjauan stabilitas kapal di pengaruhi oleh tiga titik utama yang memegang peran penting, yaitu titik berat kapal (G), titik tekan gaya keatas (B), dan tinggi metacenter (M). Titik G adalah titik berat kapal yang dipengaruhi oleh konstruksi kapal. Titik B adalah titik tekan gaya keatas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang ada di dalam air. Titik M adalah titik perpotongan gaya tekan ke atas (γV) pada keadaan tetap dengan faktor gaya tekan ke atas pada sudut kecil. Pada keadaan kapal seimbang titik G dan titik B harus berada pada satu garis vertikal terhadap permukaan zat cair, dan besar gaya berat kapal sama dengan gaya tekan ke atas.

Apabila suatu kapal mendapat gaya-gaya dari luar akan menyebabkan kemiringan baik oleng maupun trim. Dengan asumsi titik G tidak mengalami perubahan (muatan kapal tidak digeser/ditambah/dikurangi), maka titik B akan berpindah letaknya. Berarti berkat kemiringan tadi bentuk bagian kapal yang berada di bawah permukaan air juga berubah, sehingga titik tekan gaya ke atas (B) juga berubah sesuai dengan perubahan bentuk bagian kapal yang tercelup. Jadi

untuk kapal yang oleng titik B akan berpindah menjadi B_φ pada bidang melintang kapal dan B akan menjadi BΘ pada bidang memanjang kapal.



Gambar III.3. Kapal dalam keadaan oleng

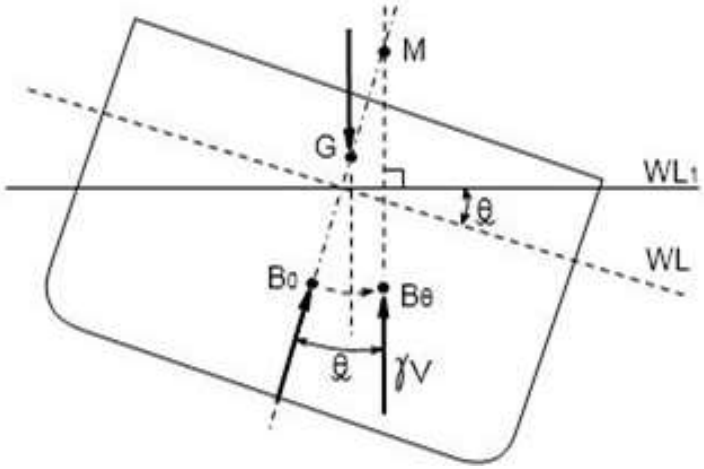
Dapat dilihat pada Gambar III.3 pada saat kapal mengalami oleng akan terliat bahwa titik G dan titik B_φ tidak terletak pada satu garis vertikal lagi terhadap garis air yang baru. Sehingga terlihat bahwa gaya tekan ke atas γV dan gaya berat kapal P tidak bekerja pada satu garis kerja. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya momen yang akan mengembalikan kapal pada keadaan semula.

Dilihat dari kedudukan titik berat kapal (G) terhadap tinggi mentasentra (M) maka kita peroleh tiga kemungkinan kapal akan mengalami kondisi pada saat berlayar (Wakidjo P, 1972), yaitu:

(1). Stabilitas Positif (*Stable Equlibrium*)

Titik G berada di bawah titik M seperti yang terlihat pada Gambar III.4. Dalam kondisi ini MG berharga positif dan kapal dalam kondisi stabil. Apabila mendapat gaya dari luar, maka akan dibalas dengan momen pengembali sebesar P x GZ, dimana P adalah berat kapal, h adalah jarak titik G tegak lurus terhadap garis oleng. Sehingga pada kondisi ini kapal memiliki kemampuan untuk menegak kembali.

Garis kerja gaya berat berada di sebelah kiri garis kerja gaya apung karena kapal lebar hingga titik B dapat berpindah banyak. Momen kopel akan memutar badan kapal supaya kapal tegak kembali seperti yang diinginkan, maka disebut momen penegak. Kapal dalam keadaan seimbang atau stabil.

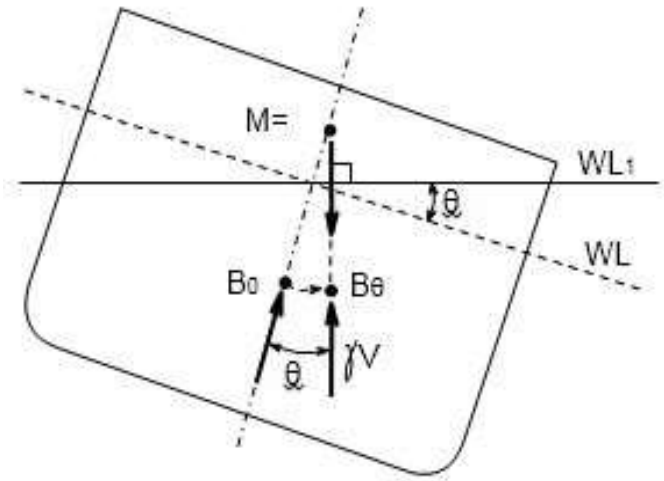


Gambar III.4. Kondisi stabilitas positif

(2). Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Dari Gambar III.5 menjelaskan suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal senget tidak ada MP maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring. Pada sudut senget yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.

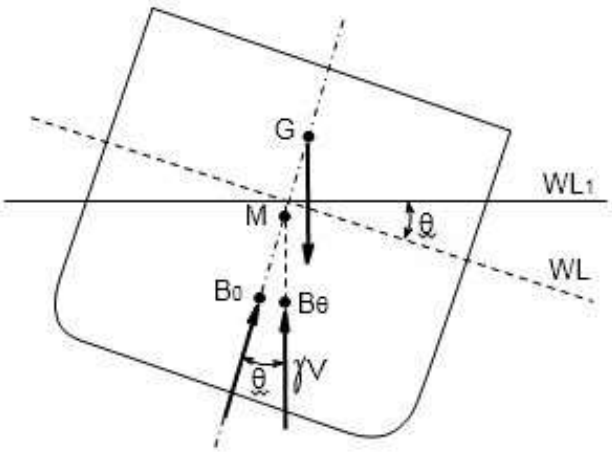
garis kerja gaya berat berimpit dengan garis kerja gaya apung karena kapal lebih sempit dan titik B tidak dapat berpindah terlalu banyak. Momen kopel atau penegak besarnya nol, berarti kapal tidak berusaha kembali ke kedudukan tegak. Kapal dalam keadaan seimbang netral atau indiferen.



Gambar III.5. Kondisi stabilitas netral

(3). Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

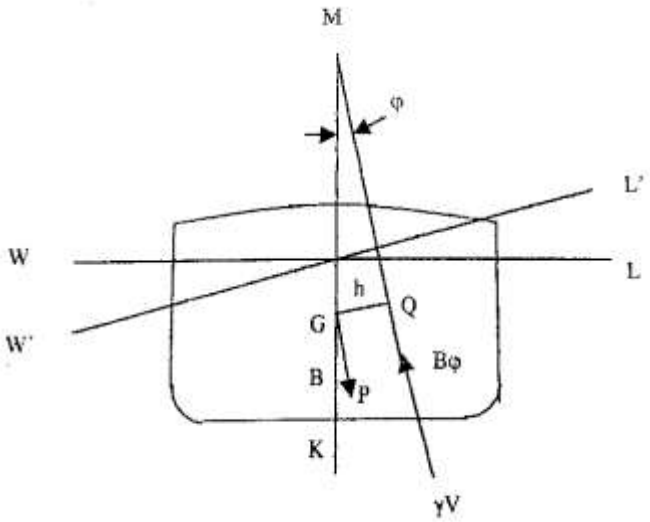
Dari Gambar III.5 menjelaskan suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *healing moment* sehingga kapal akan bertambah miring (Edward, 1988).



Gambar III.6. Kodisi stabilitas negative

Stabilitas melintang kapal

Pada saat kapal oleng titik B berpindah pada B_{φ}. Vektor P ke bawah dan vector γV ke atas, dan jarak lengan = h



Gambar III.7. Letak perpindahan titik tekan

Jadi dapat dilihat pada Gambar III.7 letak G dan titik B_φ sudah tidak terletak pada sat ugaris vertikal terhadap garis air yang baru W'L', maka kapal akan mendapat momen kapal (S) yang besarnya = P.h (Robertson, 1975)

Dimana:	P	= Berat kapal	(ton)
	γV	= Displacement kapal	(ton)
	h	= GQ = Lengan kopel = MG sin φ	(m)
	MG	= Tinggi metasentra	(m)

Tinggi metasentra (MG) dapat diukur sebagai berikut:

$$MG = MK - KG$$

$$MG = MB + KB - KG \qquad \text{(III.4)}$$

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

(1). Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan

(2). Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai (Andrianto, 1988)

❖ titik-titik penting stabilitas kapal antara lain adalah:

(a). KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus KM = KB + BM.

(b). KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972).

Menurut Rubianto (1996), nilai KB dapat dicari berdasarkan ketentuan:

- Untuk kapal tipe plat *bottom*, KB = 0,50d
- Untuk kapal tipe V *bottom*, KB = 0,67d
- Untuk kapal tipe U *bottom*, KB = 0,53d

Titik tekan gaya keatas dipengaruhi oleh bentuk badan kapal yang tercelup di dalam air. Letak titik tekan terhadap keel dapat dicari melalui perhitungan memakai dalil Simpson dengan menggunakan gambar rencana garisnya. Untuk memudahkan perhitungan kita dapat menggunakan table. Dari gambar rencana garis kita dapat menghitung luas garis air.

(c). MB (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

Menurut Usman (1981), MB dinamakan jari-jari metasentris atau metacentris radius karena bila kapal mengoleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan MB sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil (100-150).

$$MB = b2/10d \quad \text{(III.5)}$$

dimana:

b = lebar kapal (m)

d = *draft* kapal (m)

Jari-jari metasentris melintang kapal (untuk oleng):

$$MB = \frac{I}{V} \quad \text{(III.6)}$$

$$I = \frac{1}{3}\int_0^L y^3 dx \quad \text{(III.7)}$$

dimana:

I = momen inersia garis air terhadap sumbu memanjang kapal yang melalui titik berat garis airnya (m^4)

I_L = momen inersia dari garis air terhadap sumbu melintang kapal yang melalui titik berat garis airnya (m^4)

V = volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup ke dalam air (ton)

Langkah awalnya adalah menghitung dahulu momen inersia terhadap penampang tengah kapal (I_O). Setelah itu kita menghitung momen inersia terhadap sumbu yang melalui titik berat luas garis air (I_L). Dimana:

$$I_L = I_0 - (\Phi F)^2 A \quad \text{(III.8)}$$

dimana:

A = luas garis air (m^2)

(ΦF) = jarak titik berat garis air ke midship (m)

(d). KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil

momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

Titik berat ini sangat dipengaruhi oleh bentuk konstruksi kapalnya. Baik berat kapal maupun titik beratnya dapat dicari dengan perhitungan yang teliti dari berat konstruksinya secara pos per pos.

$$KG = \frac{\Sigma\, Ph}{\Sigma\, p} \qquad \text{III.9)}$$

(e). GM (Tinggi Metasentris)

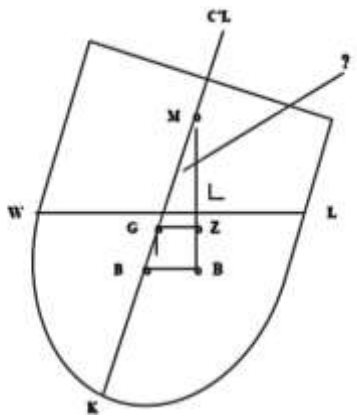
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) meruapakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

$$GM = KM - KG$$

$$GM = (KB + BM) - KG \qquad \text{(III.10)}$$

(f). Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi (Rubianto, 1996). Momen penegak atau lengan penegak Pada waktu kapal miring, maka titik B pindak ke B1dilihat pada Gambar III.8, sehingga garis gaya berat bekerja ke bawah melalui G dan gaya ke atas melalui B1. Titik M merupakan busur dari gaya-gaya tersebut, bila dari titik G ditarik garis.



Gambar III.8. Sketsa momen penegak atau pengembali

III.3.1. Stabilitas Statis

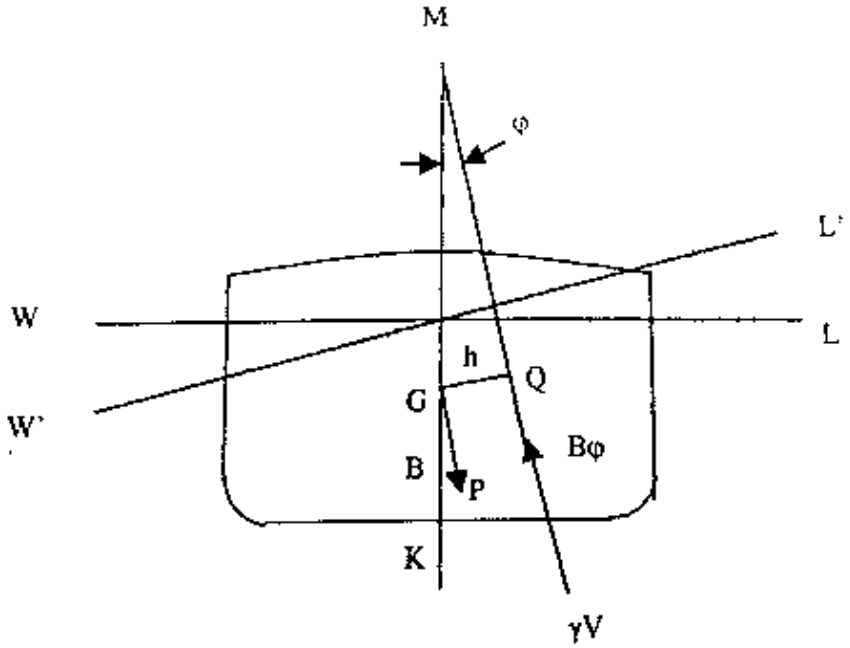
Pengamatan stabilitas ditinjau dalam dua segi, yaitu:

1. Stabilitas Awal, dimana sudut oleng < 6^0 dan pada perhitungan ini kita menggunakan titik M sebagai titik metasentris.
2. Stabilitas Lanjut, dimana sudut oleng 6° dan pada perhitungan ini kita menggunakan titik metasentris palsu (N).

Faktor yang mempengaruhi stabilitas adalah faktor bentuk (dipengaruhi oleh letak titik G), dan faktor berat (dipengaruhi oleh titik B).

A. Letak titik Berat Kapal (*Centre of Grafity*) terhadap keel (KG)

Kapal yang mengalami oleng dengan sudut kecil (kurang dari 6°), titik berat kapal akan tetap berada ditempat karena *displacemen* kapal tidak berubah. Perubahan hanya terjadi pada bentuk kapal yang ada pada di bawah permukaan air, sehinggak titik B bergeser ke B_φ dengan asumsi titik M adalah titik mentacenter dan G adalah gaya berat pada kapal sedangkan b adalah gaya tekan keatas pada kapal.



Gambar III.9. Gaya-gaya yang bekerja pada saat kapal oleng

Pada Gambar III. 9 terdapat garis kerja gaya tekan ke atas akan melalui titik B_φ dan tegak lurus garis air W'L', sehingga memotong perpanjangan garis GB di titik M. Dengan demikian pada keadaan oleng ini terdapat dua gaya yang sama besar, tetapi berlawanan arah dan

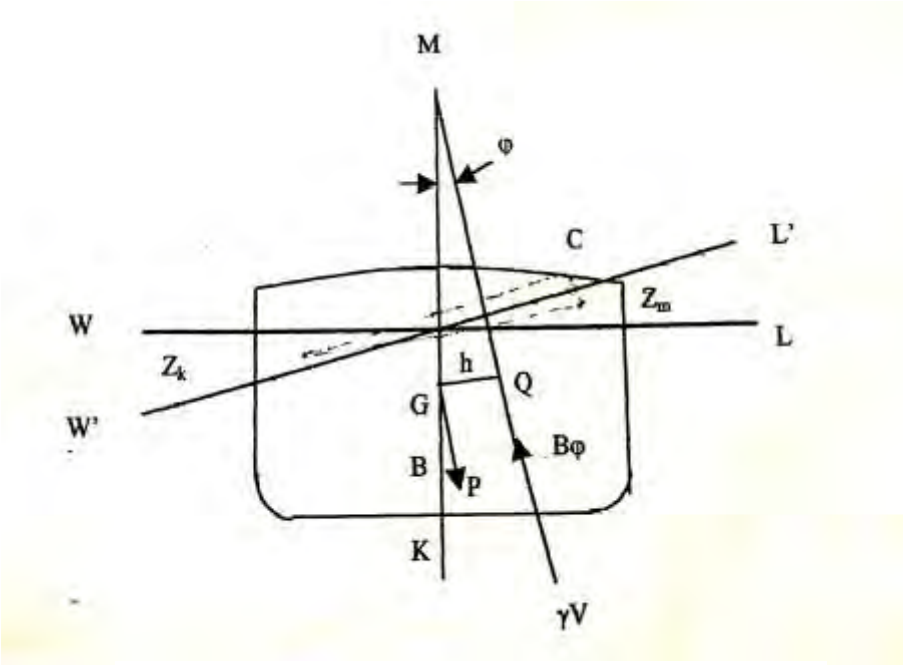
mempunyai jarak lengan (h)= MG sin φ. Lengan ini merupakan lengan kopel yang ditimbulkan oleh gaya tersebut. Besarnya kopel = P. h, dan putaran kopel berlawanan dengan arah putaran jarum jam, sedangkan kopel olengnya searah jarum jam. Dengan adanya momen kopel tersebut kapal akan mampu kembali ke keadaan semula. Kemampuan ini disebut sebagai stabilitas statis kapal. Besarnya momen stabilitas statis dapat dilihat sebagai berikut:

$$(h) = MG \sin \varphi \qquad \text{(III.11)}$$

$$Sa = P.\ h$$

$$Sa = P.\ MG \sin \varphi \qquad \text{(III.12)}$$

B. Stabilitas Statis dari Bentuk dan Berat



Gambar III.10. Baji masuk dan baji keluar

Z_k = titik berat baji keluar

Z_m = titik berat baji masuk

WL = garis air kapal tegak

W'L' = garis air kapal oleng

B = titik tekan kapal tegak

Bφ = titik tekan kapal oleng

Karena MG = MB + KB – KG (III.13)

maka:

$$S = P\,(MB + KB - KG)\sin\varphi$$

$$S = P\,(MB\sin\varphi) + P\,(KB\text{-}KG)\sin\varphi \qquad \text{(III.14)}$$

Kalau dari titik B ditarik garis BU yang tegak lurus garis MBφ, maka didapat

$$BU = MB\sin\varphi \qquad \text{(III.15)}$$

jadi:

$$S = P.\,BU + P\,(KB - KG)\sin\varphi \qquad \text{(III.16)}$$

Berdasarkan teori mekanik, jika BBφ // $Z_m Z_k$, maka:

$$BB\varphi : Z_m Z_k = v : V \qquad \text{(III.17)}$$

v = volume baji masuk

V = volume air yang dipindahkan

Bila dilihat dari Gambar III.10, Z_m dan Z_k masing-masing ditarik garis tegak lurus ke W'L' terdapat titik n_m dan n_k dan dari Z_k ditarik garis Z_k C // W'L', ternyata:

Δ BBφ ~ Δ $Z_m Z_k$ C, maka:

$$BU : Z_k C = BB\varphi : Z_m Z_k = v : V = \gamma v : P$$

Atau BU.P = Z_k C γv, karena

$Z_k C = n_m n_k$

$BU.\,P = n_m n_k.\ \gamma v$

Sehingga momen stabilitas dapat ditulis sebagai berikut:

$$S = \gamma v.\ n_m.\ n_k + \gamma V\,(KG\text{-}KB)\sin\varphi \qquad \text{(III.18)}$$

Rumus ini disebut rumus Adwood untuk stabilitas statis suatu kapal γ v. $n_m n_k$ tergantung dari bentuk baji dan jarak titik berat antara ke dua baji tersebut atau dengan perkataan lain tergantung dari bentuk kapal. + γV (KG-KB) sin φ tergantung dari titik P dan letak titik G terhadap B, jadi + γV (KG-KB) sin φ ini sangat tergantung dari berat kapal dan disebut stabilitas

statis dari berat. Sehingga jelaslah bahwa stabilitas statis kapal itu tergantung dari faktor berat dan faktor bentuk kapal.

Faktor berat ini dipengaruhi oleh letak titik G dan faktor bentuk kapal dipengaruhi oleh letak titik B, rincianya sebagai berikut:

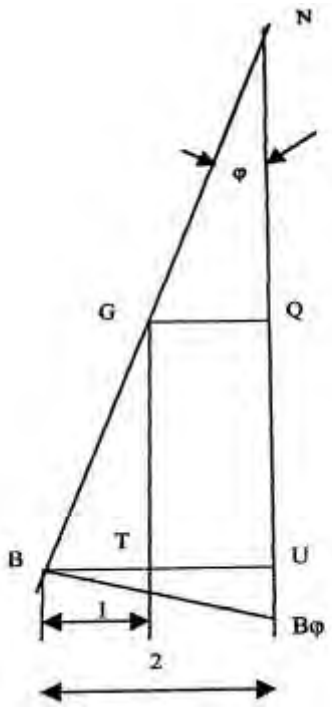
$S = P.\ MG \sin \varphi$

Karena $MG \sin \varphi = CQ - h$

$$S = P.\ CQ$$
$$= P\ (BU - BT)$$
$$= P.\ BU - P.\ BG \sin \varphi \qquad \text{(II.19)}$$

P. BU = stabilitas bentuk

P. BG sin φ = stabilitas berat

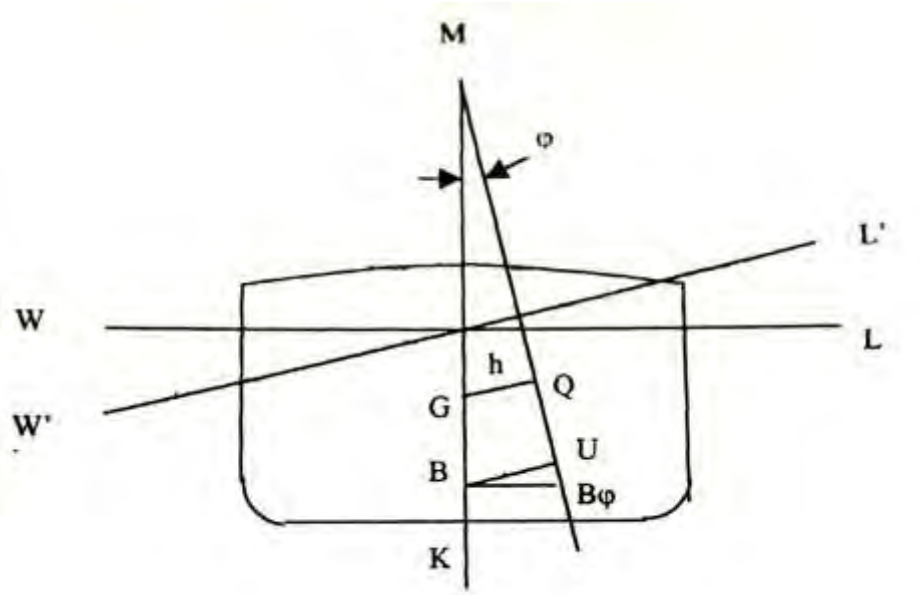


Gambar III.11. Lengan stabilitas bentuk dan berat

1. Lengan stabilitas berat
2. Lengan stabilitas bentuk

Dari Gambar III.11 dapat dilihat lengan stabilitas bentuk dan berat pada garis BU dan BU bisa didapatkan dari penjumlahan BT dan TU.

III.3.2. Stabilitas Dinamis



Gambar III.12. Titik-titik penting saat kapal oleng

Untuk kapal yang mengalami oleng dengan sudut φ, pada Gambar III.12 titik B akan berubah menjadi Bφ dan dengan sendirinya terjadi perbedaan jarak antara B terhadap titik G pada garis air WL dengan BQ terhadap titik G pada garis air W'L'. Atau dapat kita jelaskan bahwa pada pada keadaan suatu sudut oleng, seakan-akan kita dapatkan bahwa titik G naik terhadap garis air kapal (GO > QH). Tetapi titik B turun terhadap garis air kapal QBφ > GB. Jadi titik G dan B berubah letaknya terhadap garis air.

Adanya suatu perbedaan jarak pada kapal akan menyebabkan timbulnya suatu energy potensial, dan kenaikan potensi ini mengaibatkan kapal yang oleng mempunyai energy tambahan yang dapat mengembalikan kapal ke kedudukan semula. Dimana energy tambahan ini adalah stabilitas dinamis dari kapal tersebut. Lebih rinci adalah sebagai berikut:

1. Titik G naik $P\ (OG - EG)$
2. Titik B turun $\gamma V\ (HB\varphi - OB)$

Dimana $P = \gamma .\ V$ (III.20)

Jumlah kerja $= P\ (OG - EG) + \gamma.V(HB\varphi - OB)$

$= P\ ((HB\varphi - EG) - (OB - OG))$

$D = P\ (QB\varphi - BG)$ (III.21)

= stabilitas dinamis kapal

QBφ – BG = disebut jarak/jalan dinamis.

Untuk stabilitas awal φ < 6°, maka BBφ dapat dianggap sebagai busur lingkaran.

Jadi MB = MB dφ

QBφ = MBφ – MQ – MB – MG cos dφ (III.22)

Jadi momen stabilitas dinamis awal:

Da = P (BφQ – BQ)

= P (MB – MG cos dφ – BG)

= P. MG (1 – cos dφ) (III.23)

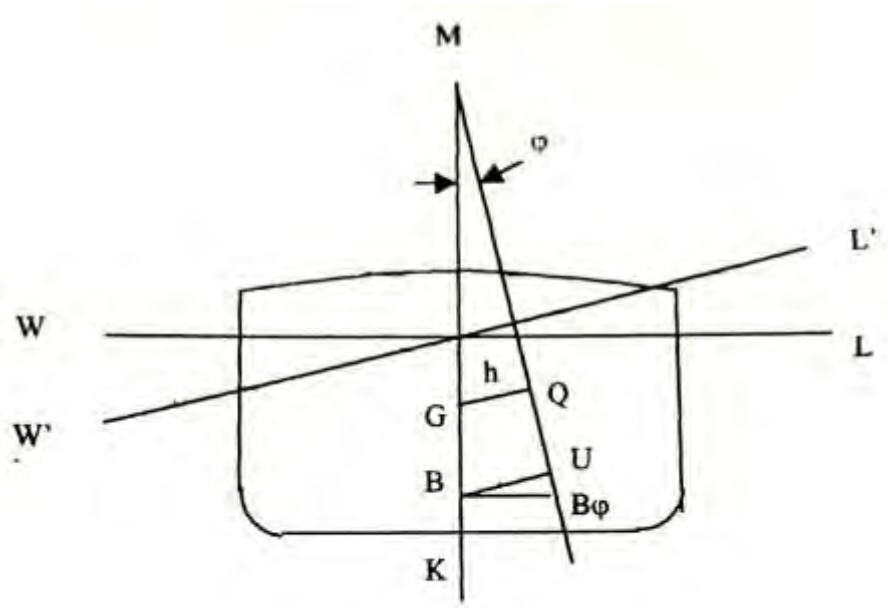
Hubungan antara Da dan Sa:

$$\frac{D_a}{S_a} = \frac{P.MG(1-\cos d_\varphi)}{P.MG\sin d_\varphi} = \frac{1-\cos d_\varphi}{\sin d_\varphi} = tan\ 1/2\ d\varphi \quad \text{(III.24)}$$

Sehingga Da = Sa. tan 1/2 dφ (III.25)

Dimana Sa : Momen stablitas statis

Da : Momen stabilitas dinamis



Gambar III.13. titik berat baji masuk dan baji keluar

$$QB\varphi = QU + UB\varphi$$
$$= GT + UB\varphi$$
$$= GB \cos \varphi + UB\varphi \qquad \text{(III.26)}$$

$$QB\varphi - GB = GB \cos \varphi + UB\varphi - GB$$
$$= UB\varphi - GB\,(1 - \cos \varphi) \qquad \text{(III.27)}$$

Dengan mengubah GB = KG – KB, pada Gambar III.13 maka:

$$QB\varphi - GB = UB\varphi - (KG - KB)\,(1 \cos \varphi)$$
$$\text{Jadi} \quad D = P.\ U\varphi - (KG - KB)\ (1 - \cos \varphi) \qquad \text{(III.28)}$$

Δ UBBφ ~ Δ CZ_mZ_k, maka berlaku perbandingan:

$$P.\ UB\varphi : CZ_m = v : V = \gamma v : \gamma V = \gamma v : P$$
$$P.\ UB\varphi = \gamma v.\ C.\ Z_m$$
$$= \gamma v.\ (Z_k n_k + Z_m n_m) \qquad \text{(III.29)}$$

$$D = P.\ UB\varphi - W\,(KG - KB)\,(1 - \cos \varphi)$$
$$= \gamma v\,(Z_k n_k + Z_m n_m) - \gamma V\,(KG - KB)\,(1 - \cos \varphi)$$
$$= \gamma v\,\{(Z_k n_k + Z_m n_m) - V\,(KG - KB)\,(1 - \cos \varphi)\} \qquad \text{(III.30)}$$

Rumus di atas disebut rumus dari Moseley, $\gamma v\,(Z_k n_k + Z_m n_m)$ disebut stabilitas dinamis dari bentuk, karena tergantung dari bentuk kapal, sedangkan $-\ \gamma V\,(KG - KB)\,(1 - \cos \varphi)$ disebut stabilitas dinamis dari berat karena tergantung dari berat. Jadi seperti halnya dengan stabilitas statis, stabilitas dinamis juga tergantung dari faktor berat dan faktor bentuk kapal. Untuk kapal-kapal yang mengapung stabilitas statis/dinamis bentuk selalu positif, sedangkan stabilitas statis/dinamis berat selalu negatif (pada umumnya KG lebih besar dari KB)

III.3.3. Stabilitas Kapal Saat Mengalami Kebocoran

Perhitungan dari kedudukan dan keseimbangan kapal pada waktu bocor dimulai dari penambahan sarat. Pertama kali kita anggap pada kapal yang bocor tersebut tidak terjadi trim, misalkan perubahan syarat sangat kecil = ΔT, maka kita boleh mengambil luas permukaan

OWL yang sama, sehingga penambahan displacement (ΔV) = volume ruangan bocor sampai garis W'L'. (Andrianto,1988)

$$\Delta V = OWL.\ \Delta T$$

$$\Delta V = O'WL.\ \Delta T$$

Dimana v adalah volume ruangan yang bocor sampai WL.

Jadi OWL. ΔT = O'WL. ΔT

Sehingga $\Delta T = \frac{v}{OWL - O'WL}$ (III.31)

Jika permukaan air yang bocor tersebut permebilitas μ , maka volume air yang bocor sampai W'L' = 0,01 μ (v + O'WL. ΔT) dan didapatkan :

$$\Delta T = \frac{0{,}01.v.\mu}{OWL - 0{,}01.O'WL\ .\mu} \quad \text{(III.32)}$$

A. Pergeseran titik tekan

Jika sarat kapal bertambah besar, maka titik B akan bergeser ke titik B'. Kalau Z merupakan titik berat ruangan yang bocor sampai WL dengan volume V, dan Z' adalah titik berat dari volum lapisan air antara WL dan W'L' yang besarnya ΔT. (OWL – O'WL), maka berdasarkan rumus pergeseran terbentuklah perbandingan sebagai berikut (Heere, 1989):

$$BB' : ZZ' = v : V$$

dimana:

V = volume air yang dipindahkan sebelum bocor, sedangkan BB' // ZZ' karena dalam hal ini ZZ' berdiri tegak dan berada pada bidang simetris maka BB' juga akan berdiri tegak, sehingga tidak menyebabkan trim dan oleng. Pada umumnya ZZ' ini dapat diuraikan menjadi:

1. Pergeseran tegak ke atas (h)
2. Pergeseran datar memanjang (I)
3. Pergeseran datar melintang (b)

Demikian juga pergeseran B ke B' diuraikan ke x, y dan z.

1. Pergeseran tegak ke atas (x)
2. Pergeseran datar memanjang (y)
3. Pergeseran datar melintang (z)

Sifat perbandingannya Z : h = x : 1 = y : b = BB' : ZZ' = v : V, maka:

$Z = \frac{vh}{V}$, $X = \frac{vl}{V}$, $Y = \frac{vb}{V}$

Jarak B ke bidang dasar = KB' = KB + z = KB + vh/V

Berat kapal dan tekanan ke atas membentuk momen trim tegak Px = V. $(v1)/V$ = v.1

Dan momen oleng tegak = Py = V. (vb)/ V = v. b

Letak dari titik F' yaitu titik berat luas garis air OWL – OWL' dapat dicari sbb:

Letak titik F dari garis air semula OWL kita tarik susunan koordinat x dan y yang tegak lurus sumbu x memanjang kapal. Jarak titik F ke sumbu x dan y kita sebut x' dan y'. jika jarak titik berat O'WL ke sumbu x dan y adalah c dan a, maka:

(OWL – O'WL).x = a. O'WL

(OWL – O'WL).y = c. O'WL

Sehingga x dan y bisa dihitung.

B. Tinggi metasentris dari kapal yang bocor

$I_T' = Ix + y'^2. OWL – i_{T-} (c + y')^2. OWL'$ (III.33)

$I_L' = Iy + x'^2. OWL – i_{L-} (a + y')^2. OWL'$ (III.34)

Dimana:

I_T' = momen kelembaman dari OWL – OWL' terhadap sumbu memanjang kapal yang melalui F'.

I_L' = momen kelembaman dari OWL – OWL' terhadap sumbu melintang kapal yang Melalui F'

I_X = momen kelembaman melintang dari OWL yang melalui titik F

i_T = momen kelembaman melintang dari OWL'

I_y = momen kelembaman memanjang dari OWL yang melalui titik F

i_L = momen kelembaman memanjang dari OWL'

Jadi untuk kapal bocor:

$M'_T G = M'_T B + KB' – KG$

$M'_L G = M'_L B + KB' – KG$ (III.35)

III.3.4. Kurva Stabilitas

Kurva stabilitas merupakan hubungan antara momen stabilitas statis (Sa) atau lengan momen (h = GZ) dengan sudut oleng φ. Sa atau GZ sebagai sumbu vertikal, sedangkan sudut oleng pada sumbu horizontal. Pada sumbu horizontal, variasi sudut oleng dibuat interval 10^0 atau 15^0, sedangkan pada sumbu vertikal tergantung pada skala momen atau lengan momen. Proses menggambar kurva stabilitas GZ vs sudut oleng φ, awalnya meletakkan sudut 57.3^0 (1 radian) kemudian pada sudut ini diukur secara vertikal nilai MG (ke atas MG positif dan ke bawah negatif) dan titik pada MG dihubungkan dengan O akan terjadi segitiga siku. Setelah itu baru digambarkan kurvanya pada setiap sudut oleng dari 0^0 sampai 90^0. Untuk sudut oleng kecil, kurang dari 9^0 kurva harus menyinggung sisi miring segitiganya karena arah kurva merupakan nilai tangen sudut pada sudut oleng kurang dari 9^0. Untuk menggambarkan kurva lengan GZ, bisa juga dilakukan dengan menggunakan konsep *Crosscurve* (KN) yaitu lengan yang diukur dengan *keel*.

$$GZ = KN - KG \sin \varphi \qquad \text{(III.36)}$$

Dengan:

GZ = lengan pengembali diukur dari titik G (m)

KN = lengan diukur dari *keel*

KG = jarak titik berat terhadap *keel*

Untuk mengetahui apakah kapal mempunyai stabilitas yang baik atau tidak, maka dibandingkan dengan standar minimum kriteria stabilitas. Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal dengan panjang garis muat kurang dari 24 meter yang biasa diaplikasikan pada kapal kecil, seperti *pilot boat*, *work boat*, atau kapal komersial lainnya dengan membawa muatan dan atau penumpang dengan jumlah kurang dari 12 orang. Berikut ini adalah kriteria batasan stabilitasnya.

1. h_{max} pada $\phi_{max} \geq 25^0$

Lengan penegak maksimumnya sebaiknya pada sudut oleng tidak boleh kurang dari 25^0

2. $GM_0 \geq 0.35$ m

Tinggi metasentra awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.35 meter.

Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal antara lain adalah:

(a). Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.

(b). Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.

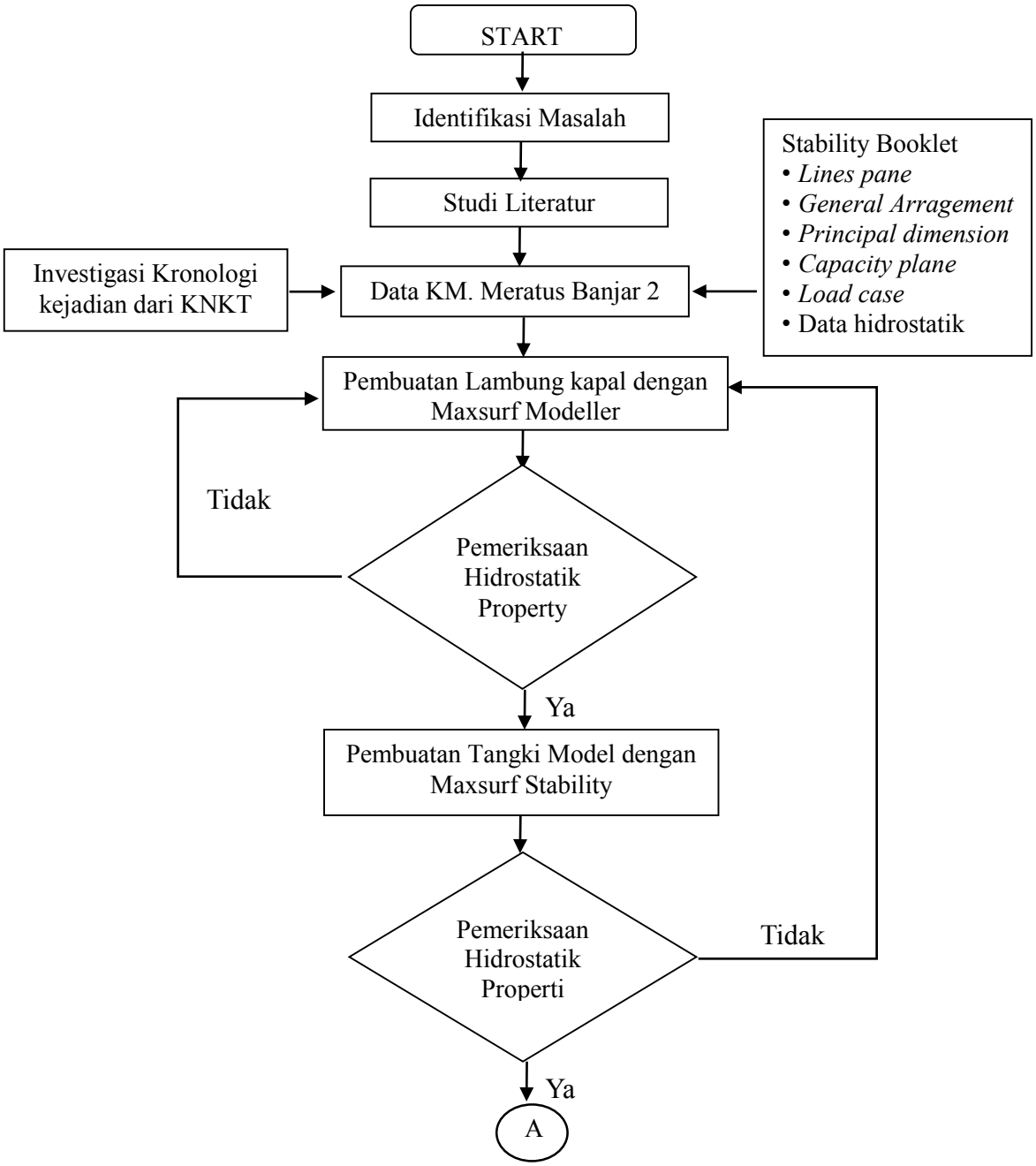
(c). *Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar.

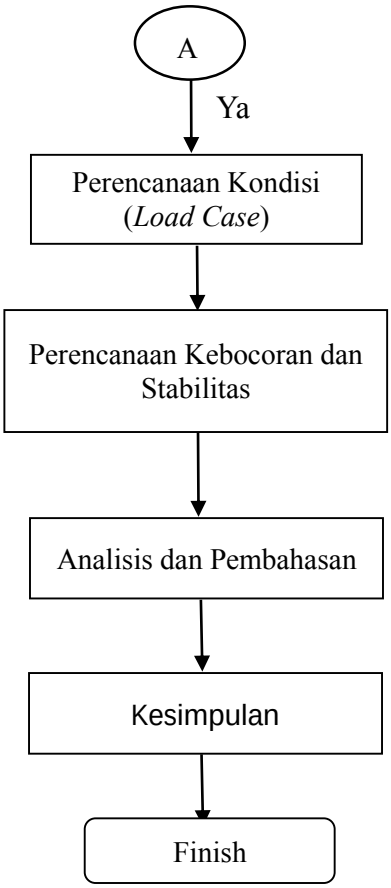
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

IV.1 Diagram Alir

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) dalam gambar IV.1 dibawah ini.





Gambar IV.1. Diagram alir pengerjaan

IV.2. Tahap Pengerjaan

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan referensi teori-teori yang berkaitan dengan analisis dan hal-hal yang berkaitan dengan tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2. Referensi-referensi tersebut dapat berupa buku, jurnal, *e-book*, *paper*, Tugas Akhir sebelumnya yang masih berkaitan, dan berbagai sumber dari internet. Beberapa langkah yang dilakukan dalam tahap ini yaitu:

- Mempelajari dasar teori stabilitas dan kebocoran dengan metode *lost bouyancy* dan *added weight*.
- Mempelajari *software-software* terkait yang akan digunakan dalam analisis.

- Mempelajari ketentuan SOLAS *Consolidated Edition* 2009 *Chapter* II mengenai *subdivision* dan *damage stability.*
- Mengkaji *paper* dan buku-buku yang berkaitan dengan stabilitas pada kapal kontainer.

2. Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan analisis teknis tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 (Gambar IV.2) terlebih dahulu harus didapatkan data-data yang dibutuhkan. Data yang dimaksud adalah data yang relevan dan mencakup segala aspek yang berhubungan dengan pengerjaan Tugas Akhir. Data awal yang dikumpulkan antara lain kronologi kejadian tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 dan *stability booklet* kapal tersebut yang mencakup *principal dimension*, *lines plan*, *general arrangement*, *capacity plan*, *load case*, data hidrostatik dan Hasil investigasi kronologi tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2.

Gambar IV.2. KM. Meratus Banjar 2

1. *Principaldimension*

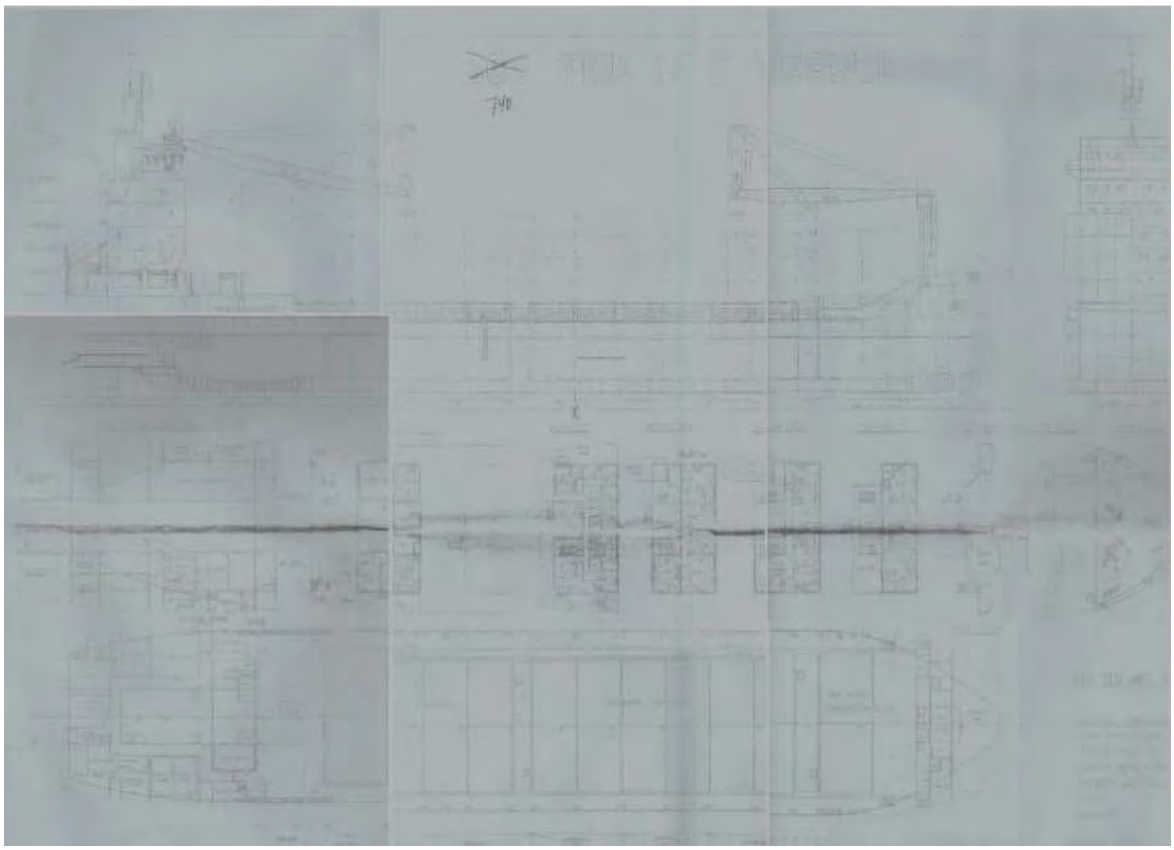
Data awal yang harus dikumpulkan sebelum melakukan analisis tenggelamnya kapal yaitu mencari data ukuran utama (*principaldimension*) KM. Meratus Banjar 2. Data ini mencakup panjang kapal (LWL), lebar kapal (B), sarat (T), tinggi kapal (H), *block coeffisient* (Cb), dan *displacement* (V).

2. *Linesplan*

Linesplan atau Rencana Garis dari KM. Meratus Banjar 2 digunakan pada saat pemodelan lambung kapal untuk mendapatkan hasil lambung model yang sesuai dengan kapal aslinya. Pada Rencana Garis dapat dilihat kelengkungan-kelengkungan dari bentuk badan kapal. Kelengkungan garis dari badan kapal tersebut digunakan untuk menentukan streamline dari kapal. Gambar Rencana Garis dibagi dalam beberapa section, yaitu penampang kapal secara melintang, penampang kapal dalam beberapa garis air secara horizontal, serta ke arah vertikal.

3. *General*Arrangemet

General Arrangement atau Rencama Umum adalah gambar lengkap dari kapal yang didesain secara menyeluruh dari pandangan atas, meliputi alas ganda, geladak utama, serta rumah geladak di setiap tingkat. Gambar Rencana Umum digunakan untuk menentukan pembagian posisi dan ukuran tiap-tiap ruangan dan kompartemen pada kapal.



Gambar IV.3. *General Arrangement* KM. Meratus Banjar 2

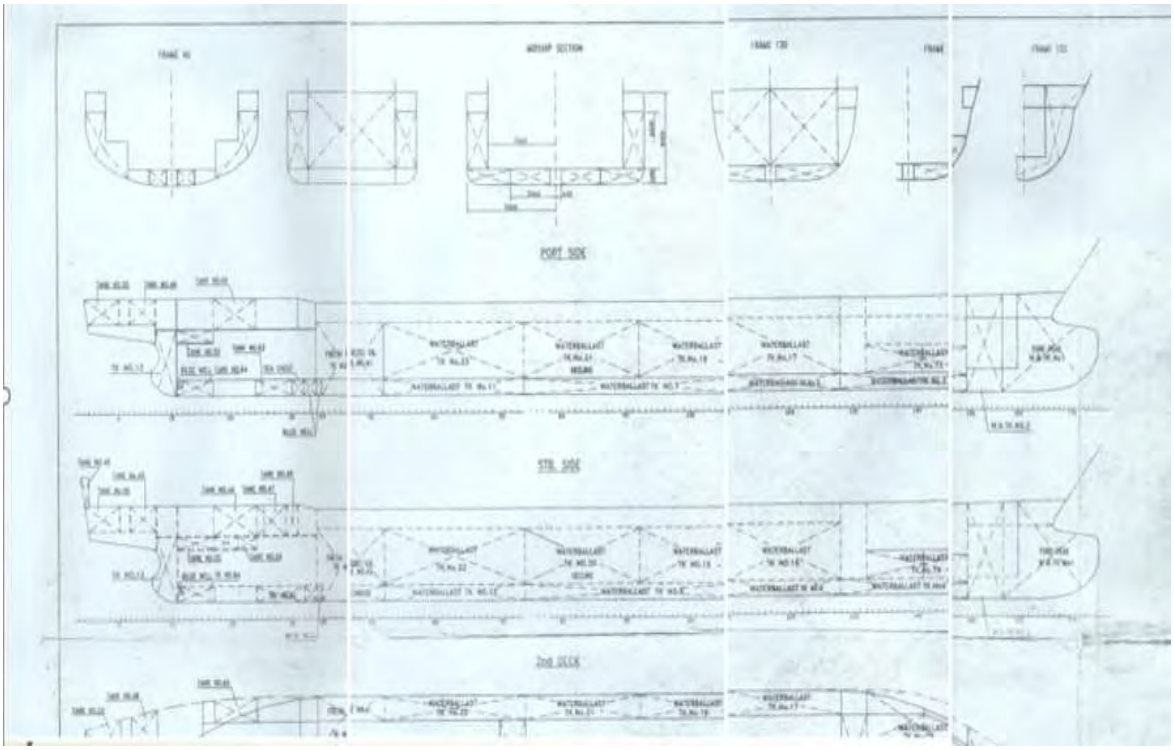
Pada Gambar IV.3 *general arrangement* KM. Meratus Banjar 2, terdapat 3 ruang muat yang terdiri dari *cargo hold* 1 yang berada di haluan kapal, *cargo hold* 2 yang berada pada bagian tengah kapal dan *cargo hold* 3 terdapat pada bagian buritan kapal. KM. Meratus Banjar

2 juga memiliki 2 *crane* yang berada pada sisi portside kapal, sehingga memudahkan kapal untuk memindahkan peti kemas (kontainer) di sebuah pelabuhan yang tidak memiliki atau tidak dilengkapi *crane.* Di dalam *general arrangement* km. Meratus Banjar 2 terdapat ukuran utama kapal yaitu:

- Panjang Seluruh (LOA) : 126,50 meter
- *Length between* p.p (L) : 117.6 meter
- Lebar :19.80 meter
- Tinggi : 8.40 meter
- Draft : 6.5 m
- Jumlah baling-baling : 1 buah
- Kecepatan : 10 Knot

4. *Capacity Plan*

CapacityPlan merupakan data yang berisi kapasitas dan isi dari tiap-tiap tangki pada kapal. Data ini diperlukan untuk memastikan kesesuaian antara kapal pada model dan kapal sebenarnya.



Gambar IV.4. *Capacity plan* KM. Meratus Banjar 2

Pada Gambar IV.4 *capacity plan* KM. Meratus Banjar 2, bisa di lihat jumlah *ballast* water tank dan letak *ballast* water tank, serta *fuil oil tank*, disel *oil tank* dll. Jumlah *ballast water tank* pada KM. Meratus Banjar 2 ada 23 tanki, jumlah *fuil oil tank* ada 10 tangki, jumlah *disel oil tan*k ada 4 dll.

5. *Load Case*

Load Case merupakan data yang berisikan kondisi pembebanan (*loadingcondition*) pada kondisi kapal yang berbeda-beda.

6. Data hidrostatik

Data hidrostatik digunakan untuk memastikan kesesuaian antara model kapal yang dibuat dengan kapal sebenarnya.

7. Hasil Investigasi KNKT

Pada tanggal 31 Agustus 2015 pukul 11.21, KM. Meratus Banjar 2 berangkat dari pelabuhan Tanjung Perak dalam keadaan muatan kapal lebih berat *portside* dibandingkan *starboard* sehinggan dibalas di sisi *starbord* untuk mengimbanginya, selain itu diatur balasnya supaya *trim* sesuai kondisi keberangkatan kapal.

Pada tanggal 1 September 2015 pukul 12.30, KM. Meratus Banjar 2 mengalami kebocoran di bagian kamar mesin. Kebocoran tersebut diduga karena kran pada *seachest* di kamar mesin mengalami aus sehingga tidak dapat ditutup dengan baik. Kebocoran tersebut menyebabkan air masuk di kamar mesin dan mengakibatkan mesin induk mati. Pada jam 13.42, air masuk di kamar mesin mulai bertambah yang menyebabkan mesin bantu dan pompa balas ikut mati, sehingga air pada *heeling tank* di sisi *starboard* bertambah tinggi, dengan bertambah tingginya air pada sisi *starboard* maka air akan mengalir ke sisi *portside* yang menyebabkan kapal *heel*, selain itu penambahan volume air yang masuk menyebabkan sarat kapal naik dan *trim* buritan bertambah. Pada jam 17.08 dengan semakin lamanya KM. Meratus Banjar 2 bocor maka volume air di kamar mesin akan semakin tinggi.

Pada tanggal 2 September pukul 05.42, dengan menglirnya isi tangki disebelah *starboard* ke *portside* menyebabkan *trim heel* kapal bertambah, begitu pula volume air yang masuk ke ruang mesin. Karena *trim*-nya besar maka air mulai masuk ke ruang muat, hal ini bisa terjadi

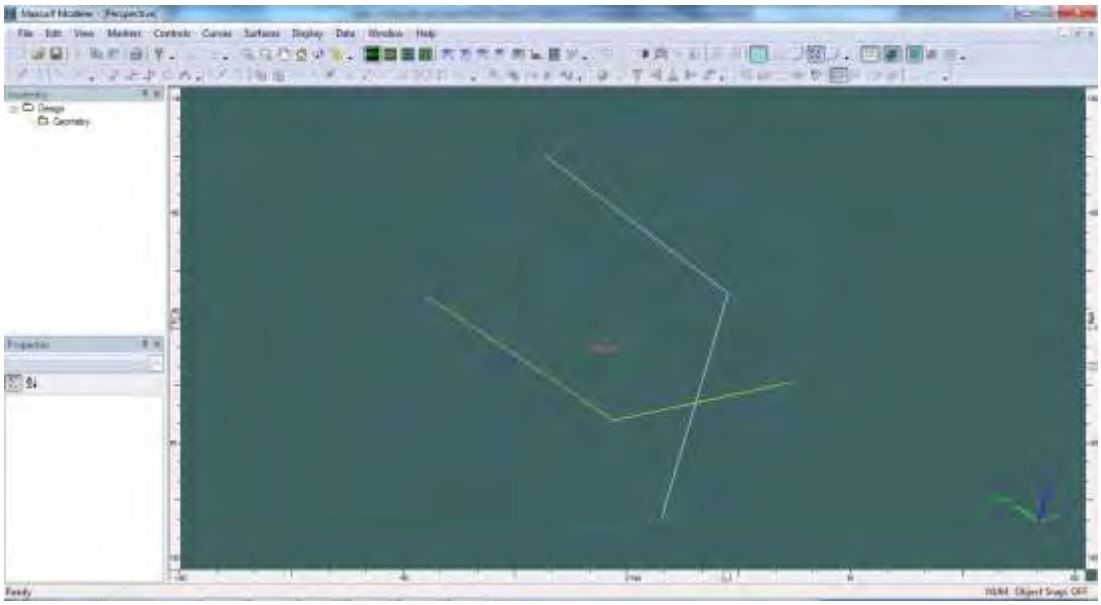
karena permukaan air lebih besar dari lubang palkah. Adanya permukaan bebas di ruang mesin dan ruang muat menyebabkan kapal labil dan selanjutnya terjadi *capsize.*

3. Pemodelan lambung kapal

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model lambung KM. Meratus Banjar 2 berdasarkan pada gambar *linesplan* yang telah didapatmenggunakan software Maxsurf Modeller. Pada Tugas Akhir ini skala yang digunakan adalah 1:1, sehingga ukuran model adalah sama dengan ukuran kapal sebenarnya. Model yang dibuat adalah keseluruhan badan kapal yang diasumsikan kedap. Dalam mengerjakan pemodelan kapal, data yang dibutuhkan meliputi *lines plan, general arrangement*, dan *principal dimension*. Setelah didapatkan data-data di atas kemudian dilakukan *redrawing* untuk menggambar pemodelan lambung kapal. Pemodelan dilakukan sebagai langkah awal untuk mendapatkan model yang mendekati keadaan sebenarnya.

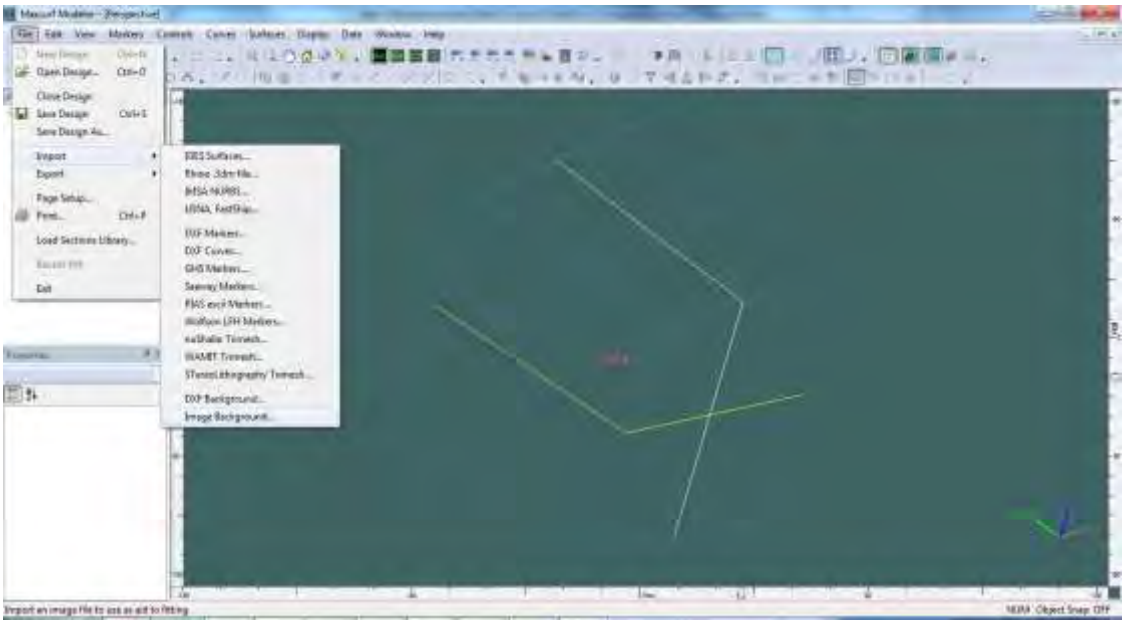
Tujuan pemodelan lambung Meratus Banjar 2 adalah untuk memperoleh perhitungan dan analisis yang lebih akurat, seperti pada analisis stabilitas kapal sebelum kebocoran dan sesudah kebocoran. Pemodelan lambung dilakukan menggunakan *software* Maxsurf Modeller. Langkah-langkah pemodelan lambung dengan *software* Maxsurf adalah sebagai berikut:

1. Membuka program Maxsurf terlebih dahulu. Cara menjalankan program Maxsurf dari komputer adalah dengan cara *Start* > *Program* > Maxsurf > Maxsurf Modeller. Setelah mengaktifkan program Maxsurf Modeller tersebut, maka akan muncul tampilan grafis dari Maxsurf Modeller, dapat dilihat pada Gambar 1V.5.



Gambar IV.5. Tampilan grafis dari Maxsurf Modeller

2. Langkah selanjutnya adalah membuat desain baru dengan perintah *File* > *New Design* atau dengan menekan tombol *CTRL* + *N*. Kemudian mengimpor gambar *lines plan* kapal ke dalam Maxsurf. Perintah yang dilakukan adalah *File* > *Import* > *Image Background*.

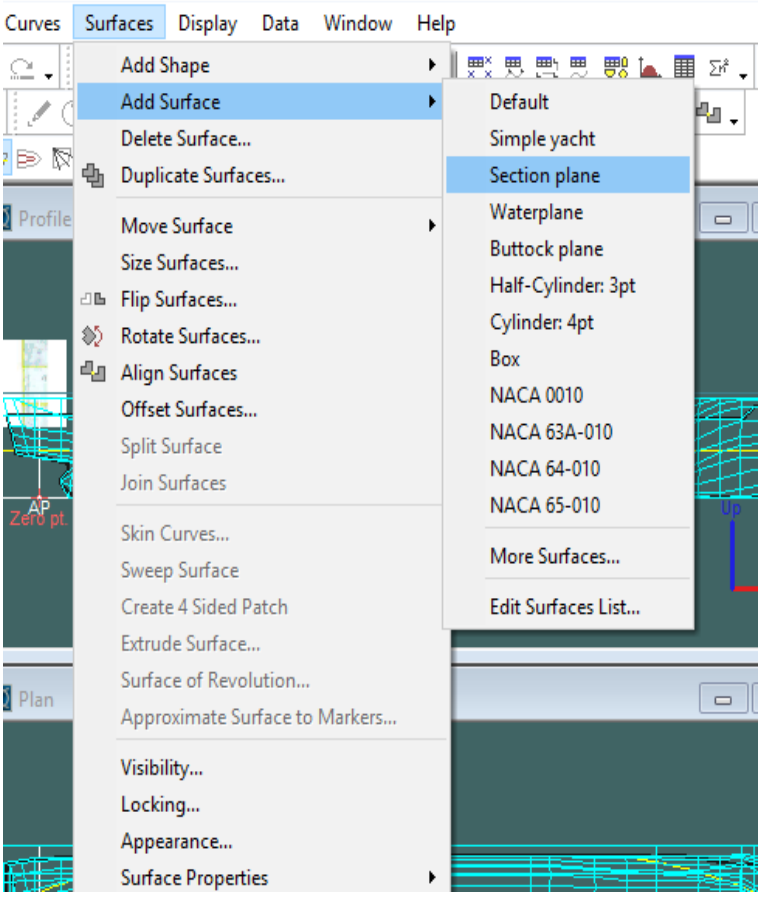


Gambar IV.6. *Import background* pada Maxsurf Modeller

Setelah melakukan perintah pada Gambar IV.6, maka selanjutnya akan muncul *back ground* pada Maxsurf. Ulangi perintah di atas satu persatu pada pandangan *Body plan*, *Profile*, dan *Plan*.

3. Langkah berikutnya adalah penskalaan *image background* dengan menggunakan *tool set image zero points* dan berikutnya adalah *set image reference Points*masing-masing untuk setiap pandangan (*body plan*, *profile*, dan *plan*).
4. Untuk membuat lambung kapal pada Maxsurf digunakan *surface*. Karena bentuk kapal yang kompleks, maka satu bentuk *body* kapal secara keseluruhan tidak cukup dengan menggunakan satu *surface* saja. Untuk membentuk kulit kapal KM. Meratus Banjar 2 ini akan digunakan 6 *surface*. Pembagian per bagian ini meliputi:
   - Bagian depan atas kapal, pada *surface* diberi nama *fore*.
   - Bagian bow kapal, pada *surface* diberi nama *bow*.
   - Bagian tengah kapal, pada *surface* diberi nama *middle*.
   - Bagian bawah kapal, pada *surface* diberi nama *bottom*.
   - Bagian belakang kapal, pada *surface* diberi nama *after*.

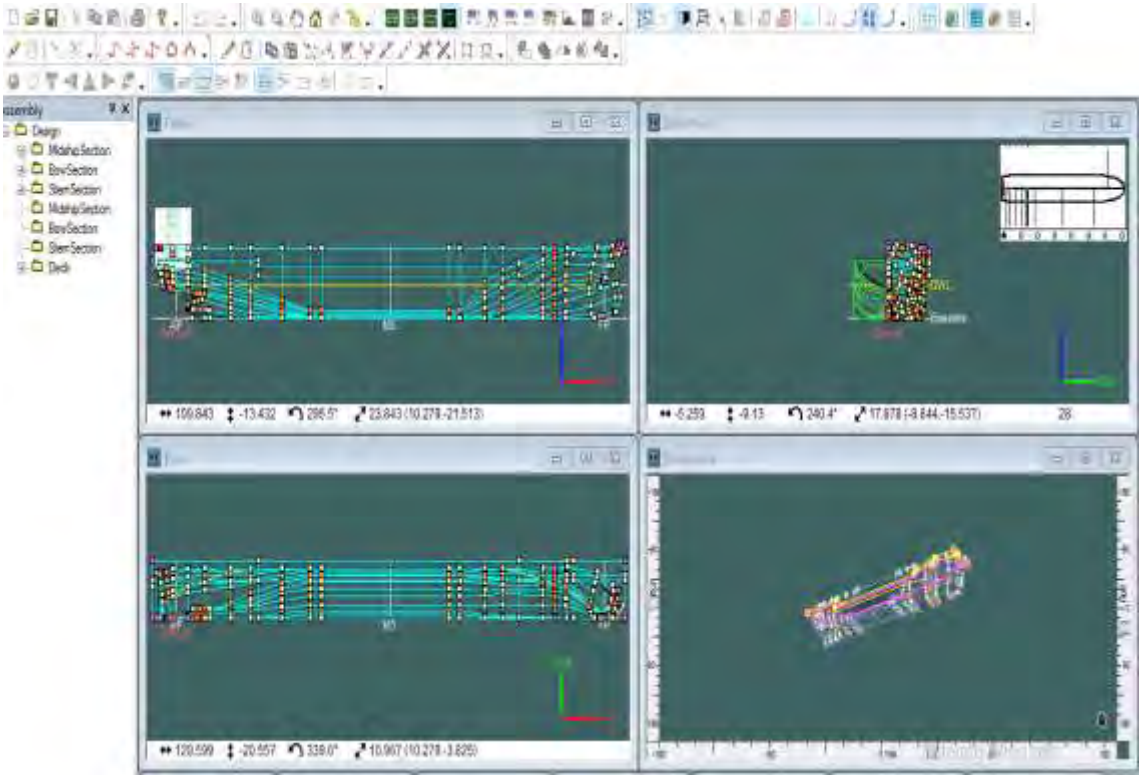
- Bagian *sterntube* kapal, pada *surface* diberi nama *stern*.



Gambar IV.7. *Add surface* pada Maxsurf Moddeller

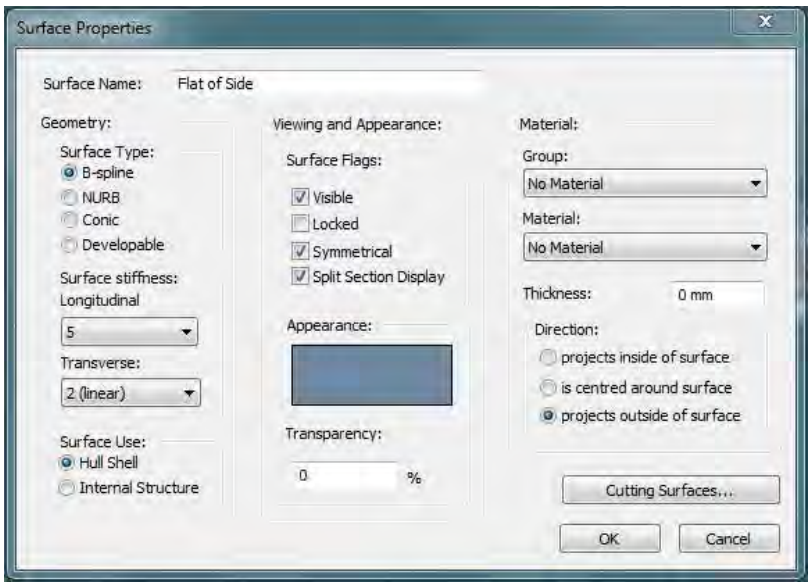
Setiap bagian kapal dibuat dengan menggunakan satu *surface*. Untuk memunculkan *surface*, maka pada program Maxsurf Modeller dilakukan perintah dengan cara klik *Surface> Add Surface> Sectional Plan,* dapat dilihat pada gambar IV.7 yang mana di dalam *add surface* pada Maxsurf Modeller terdapat beberapa pilihan konten yang dapat dipilih misalnya *section plane*, *water plan*, *box* dan lain-lain.

Untuk memudahkan pembentukan *surface* agar sesuai dengan *lines plan*, maka perlu ditambahkan *controlpoint*. Semakin banyak *control point* pada tiap *surface* akan semakin mampermudah dalam mengatur bentuk *surface*. Menambah *control point* pada *surface* dilakukan dengan perintah *Surface > Add control point* atau dengan klik *icon* . Kemudian dilakukan penggeseran atau merubah kedudukan *control point* untuk menyesuaikan bentuk *surface* dengan *lines* pada *background lines plan* dan hal tersebut dilakukan untuk setiap pandangan (*Body plan*, *Profile*, dan *Plan*), tampilan tersebut dapat dilihat dan diamati pada Gambar IV.8.



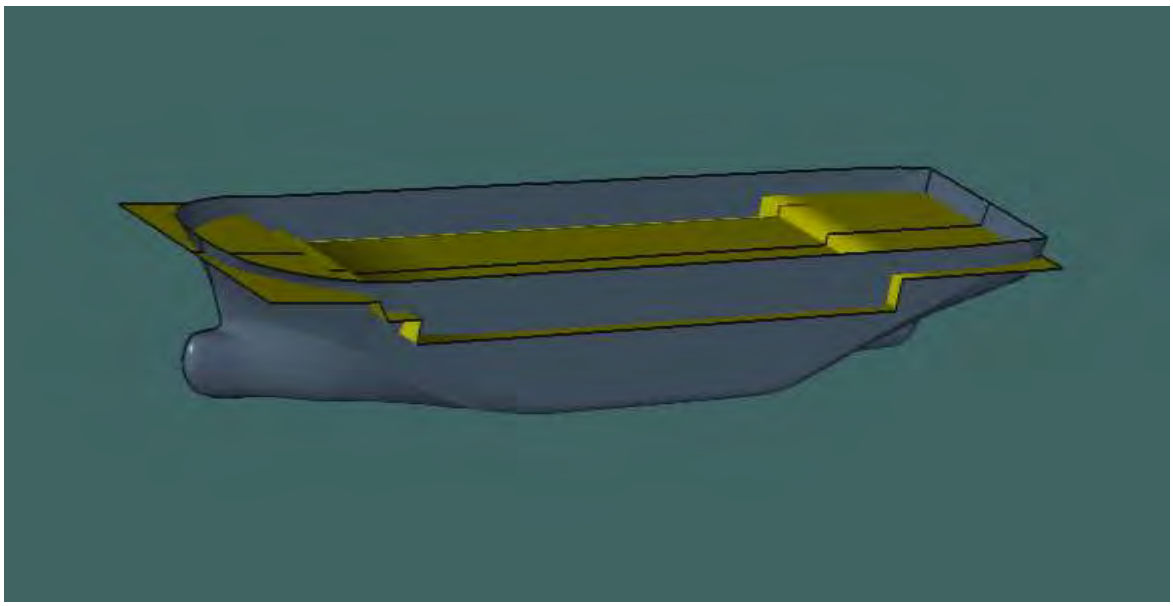
Gambar IV.8. *Body plan, profile, dan plan*

Untuk mempermudah penyesuaian model kapal, maka dapat digunakan tingkat fleksibilitas dari *surface* yaitu dengan menggantinya pada tabel *surface properties* seperti pada Gambar IV.9. Di dalam tabel *surface properties* terdapat *surface type*, *surface stiffness*, tampilan warna *surface*, kolom nama *surface*, dan lain-lain. Untuk merubah tingkat fleksibilitas dilakukan dengan merubah *surface stiffness*.



Gambar IV.9. *Survace properties*

Membuat sambungan antara blok-blok digunakan perintah *Bondedge* . *Tool* ini digunakan untuk menyatukan *surface* yang satu dengan yang lain dengan syarat bahwa *surfacestiffness* dan jumlah *controlpoint* masing-masing *surface* adalah sama. Metode tersebut dilakukan untuk setiap blok-blok yang direncanakan. Setelah semua blok-blok model kapal telah selesai dibuat, maka akan didapatkan sebuah model kapal yang dibuat pada Maxsurf Modeller seperti pada gambar IV.10.

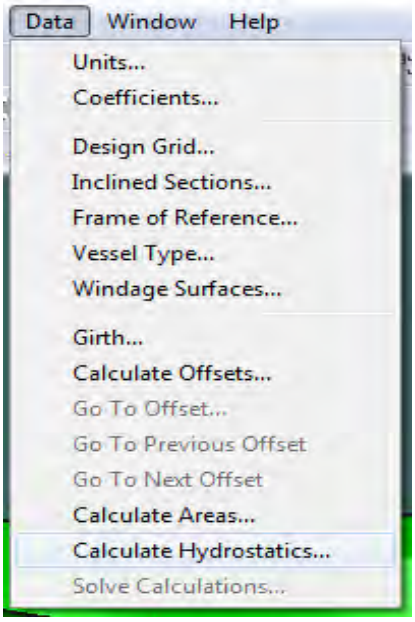


Gambar IV.10. Model lambung KM. Meratus Banjar 2

4. Pemeriksaan Hidrostatik

Pemeriksaan Setelah lambung kapal model dibuat, maka selanjutnya dilakukan pemeriksaan data hidrostatik. Pengecekan hidrostatik meliputi ukuran utama kapal, panjang (LWL), lebar (B), sarat (T), *displacement*, dan *Cb*. Pada Tugas Akhir ini toleransi dan koreksi selisih antara model dan kapal tidak lebih dari 1 %. Hal ini dimaksudkan agar model yang dibuat memiliki bentuk yang sesuai dengan yang sebenarnya, sehingga hasil dari analisis menjadi lebih akurat. Apabila diperoleh selisih antara kapal model dan kapal sebenarnya lebih dari 1%, maka harus dilakukan pembuatan ulang model hingga diperoleh selisih kurang dari 1%. Hal ini juga bertujuan untuk menghindari selisih yang terlalu besar pada saat pemeriksaan kapasitas tangki, sehingga diharapkan pada model kapal yang akan dibuar akan sama persis dengan kapal sebenarnya.

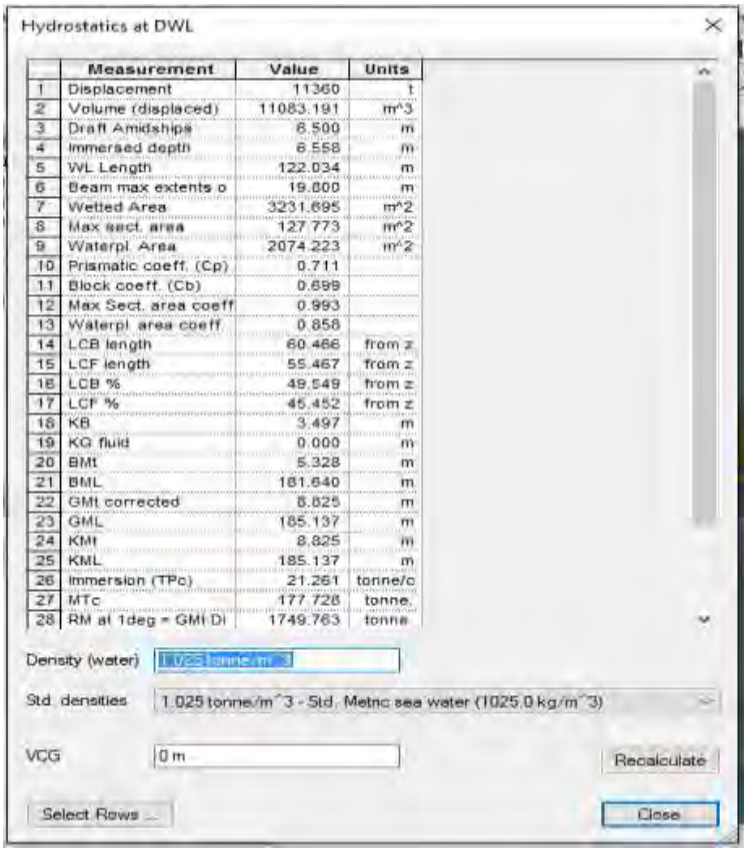
Untuk mengetahui nilai ukuran utama model kapal dan karakteristik lainnya pada Maxsurf adalah dengan cara klik *Data* > *Calculate Hidrostatic,* dapat kiat liat pada gambar 1V.11.



Gambar IV.11. *Calculate hydrostatic*

Selanjutnya akan muncul tabel data ukuran utama model dan karakteristik lainnya yang dapat dilihat pada Tabel IV.1 dibawah ini.

Tabel IV.1. Hasil hidrostatik pada Maxsurf



Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	11360	t
2	Volume (displaced)	11083.191	m^3
3	Draft Amidships	6.500	m
4	Immersed depth	6.558	m
5	WL Length	122.034	m
6	Beam max extents o	19.800	m
7	Wetted Area	3231.695	m^2
8	Max sect. area	127.773	m^2
9	Waterpl. Area	2074.223	m^2
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.711	
11	Block coeff. (Cb)	0.699	
12	Max Sect. area coeff	0.993	
13	Waterpl. area coeff	0.858	
14	LCB length	60.466	from z
15	LCF length	55.467	from z
16	LCB %	49.549	from z
17	LCF %	45.452	from z
18	KB	3.497	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMt	5.328	m
21	BML	181.640	m
22	GMt corrected	8.825	m
23	GML	185.137	m
24	KMt	8.825	m
25	KML	185.137	m
26	Immersion (TPc)	21.261	tonne/c
27	MTc	177.726	tonne.
28	RM at 1deg = GMt Di	1749.763	tonne

Density (water) 1.025 tonne/m^3

Std. densities 1.025 tonne/m^3 - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m^3)

VCG 0 m

Recalculate

Select Rows ...

Close

Setelah mengetahui ukuran-ukuran pada model, maka selanjutnya dibandingkan dengan ukuran kapal yang sebenarnya. Prosentase selisih antara ukuran model dengan ukuran kapal sebenarnya disajikan dalam Tabel IV.2 berikut:

Tabel IV.2. Perbandingan hasil kalkulasi model dan kapal sebenarnya

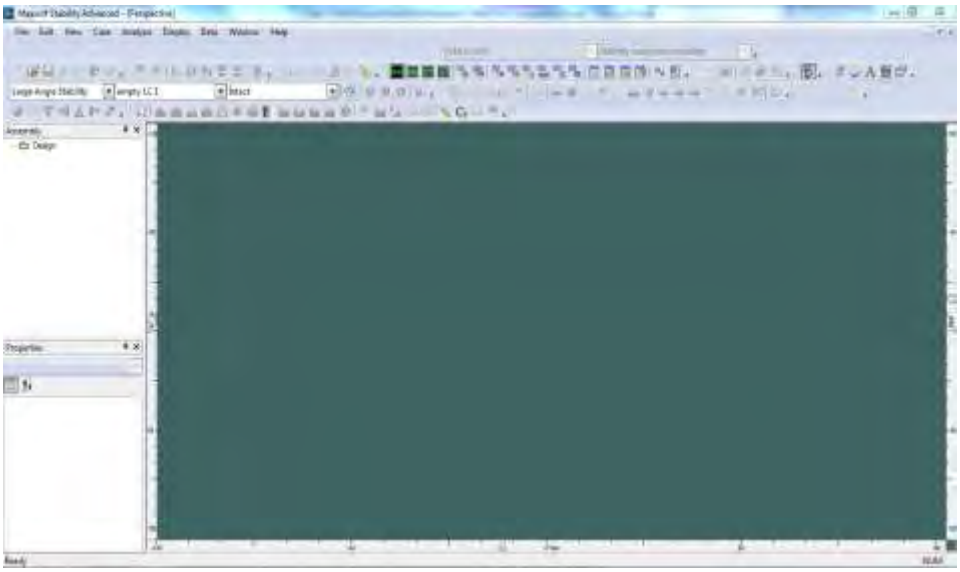
Ukuran Utama	Data Kapal	Model	Selisih	Prosentase (%)
Displacement (ton)	11360	11360	0	0.0000
Lwl (m)	112	112.034	0.034	0.0304
Bm (m)	19.8	19.8	0	0.0000
T (m)	6.5	6.558	0.58	0.8923
Cb	0.699	0.699	0	0.0000

Pada Tugas Akhir ini diharapkan untuk toleransi dari koreksi perbedaan antara model dari data pada kapal sebenarnya sebesar maksimal 1 %.Sehingga dengan melihat pada Tabel IV.2 dapat dikatakan bahwa model sudah memenuhi untuk dilakukan langkah selanjutnya dalam analisis.

5. Pembuatan Model Tangki Kapal

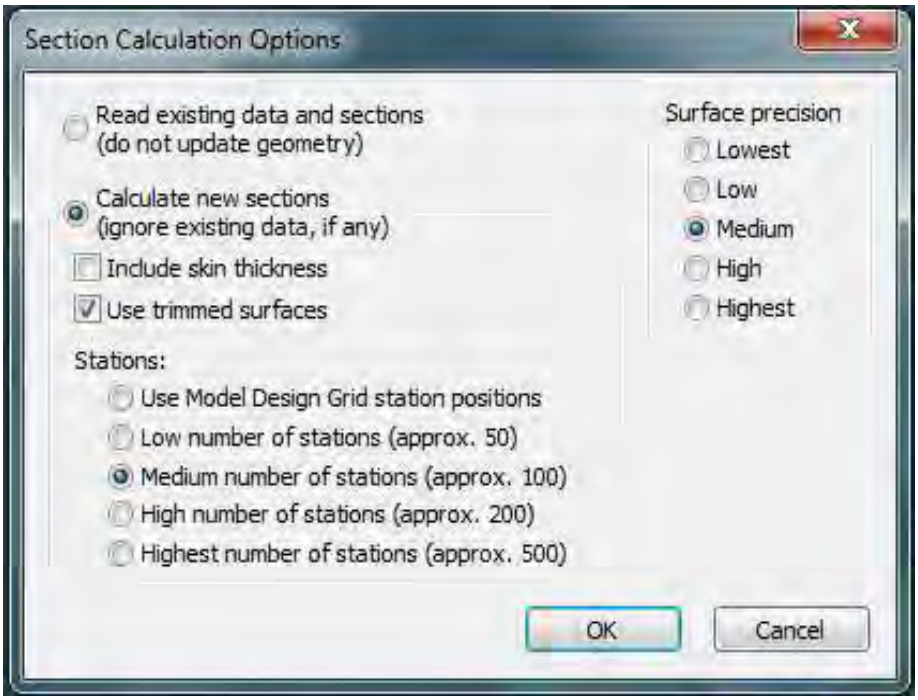
Sesudah model lambung kapal dibuat, tahap selanjutnya adalah pembuatan tangki dan kompartemenkapal model yang didasarkan pada gambar *GeneralArrangement* KM. Meratus Banjar 2 menggunakan *software* Maxsurf Stability. Tangki yang dibuat meliputi semua tangki *consumable* dan kompartemen-kompartemen pada KM. Meratus Banjar 2. Ditentukan juga apa isi dari tangki tersebut sehingga dapat ditentukan *density*-nya.

Untuk mengetahui panjang, lebar, dan tinggi tangki serta posisi tangki dibutuhkan rencana umum dari KM Meratus Banjar 2. Terlebih dahulu buka program *Maxsurf Stability* dengan cara*Start > Program > Maxsurf >Maxsurf Stability*, setelah mengaktifkan program tersebut, maka akan muncul tampilan grafis pada Maxsurf Stability seperti terlihat pada Gambar IV.12 sebagai berikut.



Gambar IV.12. Tampilan grafis Maxsurf Stability

Langkah selanjutnya adalah dengan membuka file model Maxsurf yang telah dibuat sebelumnya. Untuk membuka file tersebut yang perlu dilakukan adalah klik menu *File* > *Open Design* > pilih model kapal yang sudah dibuat sebelumnya. Kemudian akan muncul pilihan *section calculation option* yang bertujuan untuk menentukan tingkat presisi dari *surface* dan jumlah dari *section* yang akan dibuat, setelah mengaktifkan program tersebut, maka akan muncul tampilan grafis seperti terlihat pada Gambar IV.13 sebagai berikut:



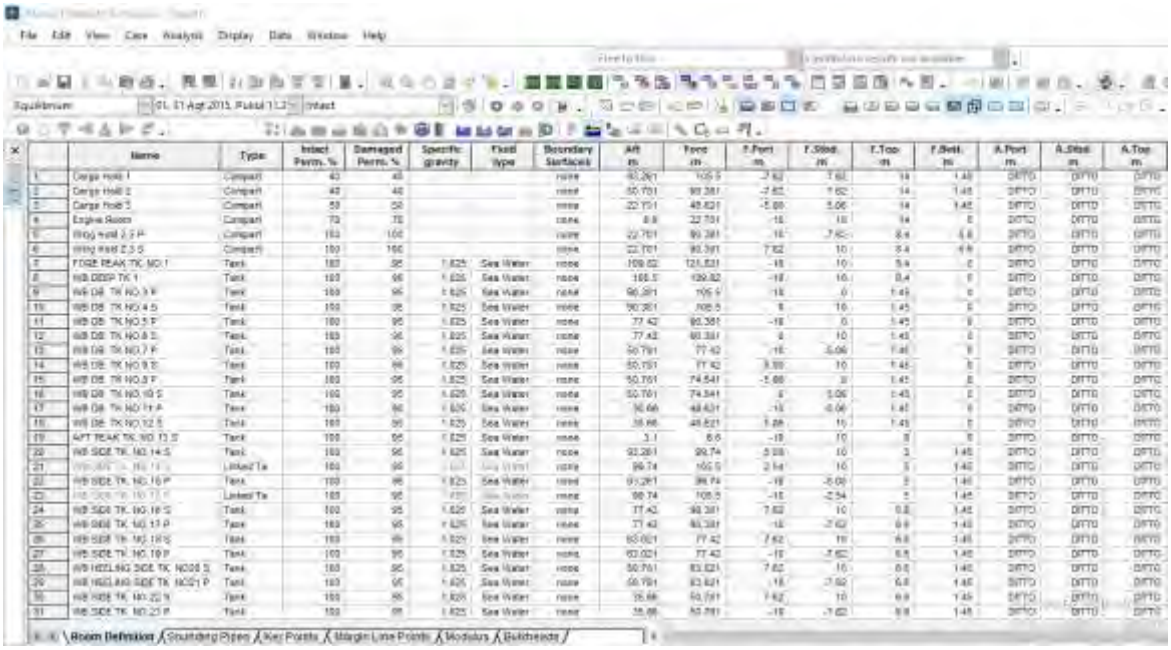
Gambar IV.13. *Section calculation options*

Setelah model kapal yang telah dibuat dari Maxsurf muncul, maka langkah selanjutnya adalah membuat tangki-tangki pada kapal dengan cara klik menu *Window* > *Input* > *Room Definition* atau klik icon . Gambar V.14 adalah contoh tampilan *Room Definition Window* pada Maxsurf Stability.

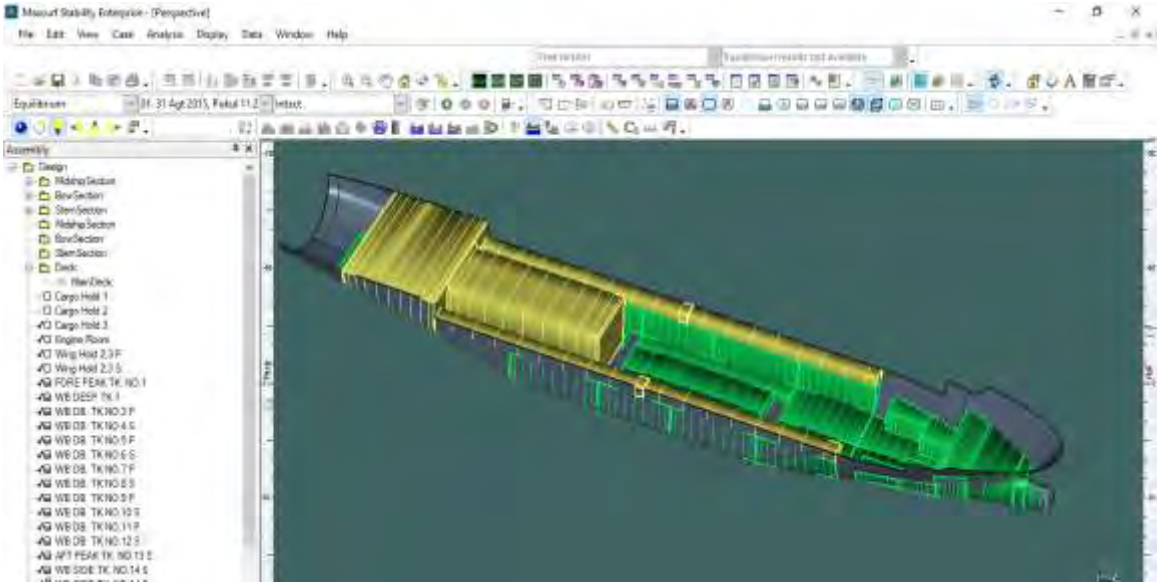
Gambar IV.14. *Room definition window*

Dalam *room definition window* terdapat kolom-kolom pada tabel. Selanjutnya dibuat tangki-tangki dengan memasukkan titik koordinat tangki sesuai dengan data *general arrangement* secara 3 dimensi. Nama tangki dan tipe fluida yang disimpan pada tangki juga perlu dimasukkan.*Input*data tangki dapat dilihat pada Tabel IV.3.

Tabel IV.3. *Input* tangki-tangki pada *room definition window*

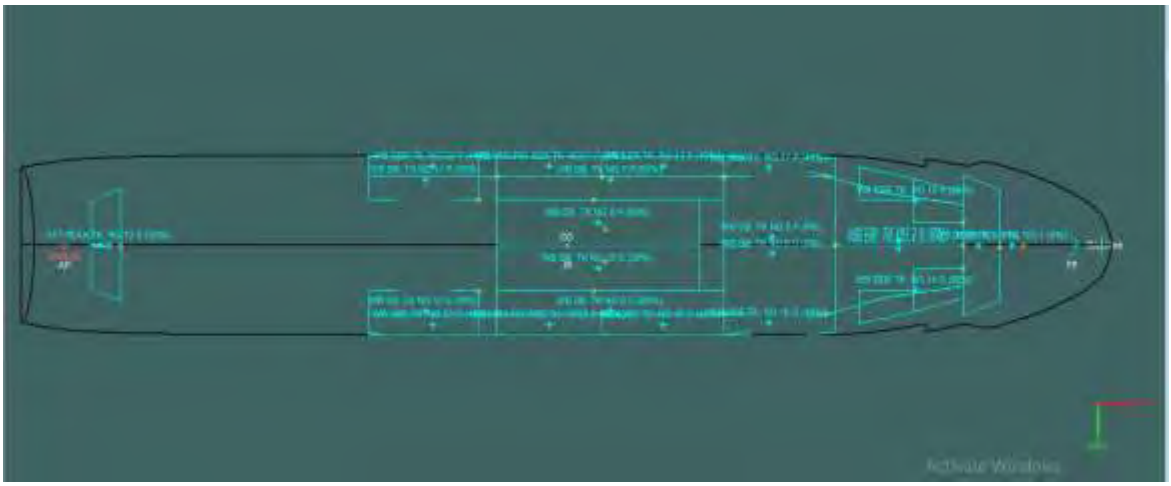


Setelah memasukkan data-data tangki dan kompartemen yang diperlukan, selanjutnya klik icon *update value in loadcase* untuk memunculkan tangki dan kompartemen tersebut pada kapal model. Maka tangki akan muncul pada model seperti yang terlihat pada Gambar IV.15.

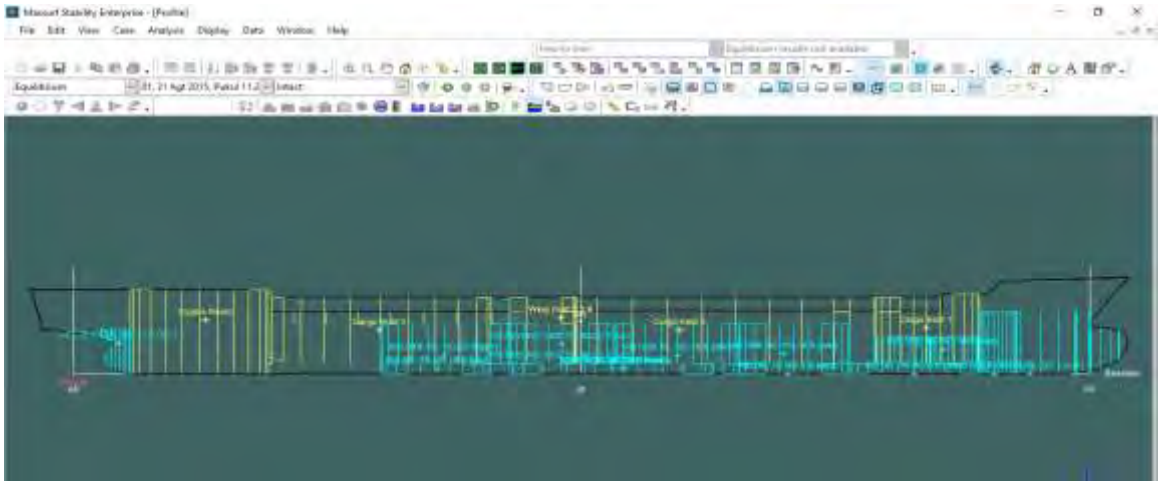


Gambar IV.15. Model tangki-tangki KM. Meratus Banjar 2

Pada Gambar IV.16 dan IV.17 dapat dilihat posisi tangki-tangki air tawar, bahan bakar, pelumas, dan sebagainya. Pada bagian tengah *double bottom* kapal juga terdapat tangki, namun tidak digunakan sebagai tangki muatan, melainkan dibuat kedap dan kosong sebagai penambah daya apung kapal atau disebut *void*, pada Gambar IV.16 dapat dilihat model tangki-tangki dari tampak atas kapal sedangkan pada Gambar IV.17 dapat dilihat model tangki-tangki dari tampak samping kapal.



Gambar IV.16. Model tangki dilihat dari tampak atas



Gambar IV.17. Model tangki dilihat dari tampak samping

Pada *Maxsurf Stability* terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang dapat dilihat pada menu *analysis – density*. Sehingga dapat diketahui massa jenis muatan yang dimuat oleh kapal.

Tabel IV.4. Analisis *density* pada Maxsurf Stability

Density

	Fluid	Code	Specific gravity	Density tonne/m^3	Density bbls/t	API Gravity	Co
1	**Sea Water**	**S**	**1.0250**	**1.0250**	**6.1364**		
2	Water Ballast	B	1.0250	1.0250	6.1364		
3	Fresh Water	W	1.0000	1.0000	6.2898		
4	Diesel	D	0.8400	0.8400	7.4879	36.95	
5	Fuel Oil	F	0.9443	0.9443	6.6608	18.35	
6	Lube Oil	L	0.9200	0.9200	6.8368	22.30	
7	ANS Crude	C	0.8883	0.8883	7.0807	27.79	
8	DMA (ISO 8217)	DMA	0.8900	0.8900	7.0672	27.49	
9	DMB (ISO 8217)	DMB	0.9000	0.9000	6.9887	25.72	
10	DMC (ISO 8217)	DMC	0.9200	0.9200	6.8368	22.30	
11	Gasoline leaded	G	0.7499	0.7499	8.3875	57.19	
12	Unlead. Gas.	U	0.7499	0.7499	8.3875	57.19	
13	JFA	J	0.8203	0.8203	7.6677	41.00	
14	MTBE	M	0.7471	0.7471	8.4190	57.90	
15	Gasoil	GO	0.8524	0.8524	7.3789	34.50	
16	Slops	SL	0.9130	0.9130	6.8892	23.48	
17	Custom 1	C1	1.0000	1.0000	6.2898	10.00	
18	Custom 2	C2	1.0000	1.0000	6.2898	10.00	

Default Densities OK Cancel

Pada table IV.4. dapat dilihat bahwa massa jenis yang berada pada KM. Meratus Banjar 2 terdiri dari berbagai macam yaitu *water ballas* yang mempunyai massa jenis 1.0250, fresh water yang mempunyai massa jenis 1.0000, fuel oil yang mempunyai massa jenis 0.9443, dan sebagainya.

6. Pemeriksaan Kesesuaian Ukuran Volume Tangki

Setelah tangki kapal model dibuat, selanjutnya dilakukan pemeriksaan kapasitas tangki. Kapasitas tangki yang dimaksud adalah berapa banyak volume dan berat yang bisa dimuat oleh tangki jika diisi penuh. Kapasitas tangki KM. Meratus Banjar 2 didapatkan dari *capacity plan* yang termasuk di dalam *stability booklet* dan dapat dilihat pada Tabel IV.5. Pada Tugas Akhir ini toleransi dan koreksi selisih kapasitas tangki antara model dan kapal tidak lebih dari 5 %. Hal ini dimaksudkan agar model yang dibuat sesuai dengan yang sebenarnya, sehingga hasil dari analisis menjadi lebih akurat.

Tabel IV.5. *Tank calibration* pada Maxsurf Stability

Tangki	Jumlah	Unit Mass (ton)	Total Mass (ton)	Unit Volume m3	Total Volume m3	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	Momen (ton.m)	FMS Type
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Wing Hold 2,3 P	0%	278.339	0.000			56.426	-8.756	6.600	0.000	Actual
Wing Hold 2,3 S	0%	278.339	0.000			56.426	8.756	6.600	0.000	Actual
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.32	0	111.246	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DEEP TK.1	0%	361.095	0.000	352.31	0	107.282	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0	97.879	-0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0	97.879	0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0	83.100	-0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0	83.100	0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.045	-7.318	0.722	257.039	Actual
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.045	7.318	0.722	257.039	Actual
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.84	42.351	-7.280	0.744	123.474	Actual
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.84	42.351	7.280	0.744	123.474	Actual
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.090	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	378.166	Actual
WB SIDE TK. NO.14 S	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.15 P	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	-4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	-8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.219	8.760	2.480	14.577	Actual
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.219	-8.760	2.480	14.577	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	98%	147.315	144.369	143.722	140.847	56.901	8.760	3.974	0.000	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	0%	147.315	0.000	143.722	0	56.901	-8.760	1.450	0.000	Actual
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Actual
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Actual

7. Perencanaan Kondisi Pembebanan (Load Case)

Tahap selanjutnya adalah perencanaan kondisi pembebanan atau *load case.* Pada Tugas Akhir ini kondisi pembebanan pada kapal model disesuaikan dengan kondisi kapal pada saat kecelakaan atau pada saat kapal terakhir kali menampunga muatan sebelum kecelakaan. Diasumsikan pada saat itu kapal baru berangkat dari pelabuhan, sehingga kondisi pembenanan dibuat sebagaimana pada *stability booklet* pada kondisi *departure* (berangkat) dengan muatan penuh (*fullload*). Untuk muatan barang atau kontainer dibuat sebagaimana *manifest* KM. Meratus Banjar 2 pada saat keluar dari pelabuhan.

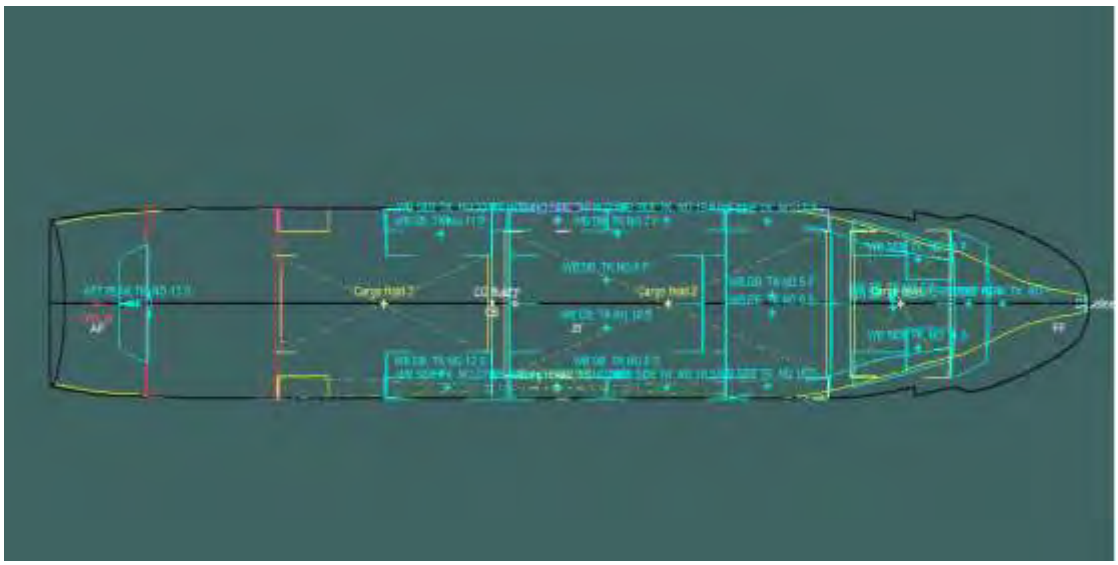
Pada langkah ini dilakukan perencanaan pengisian muatan pada tangki model. Kondisi pemuatan pada Maxsurf Stability Enterprise dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu klik menu *window – loadcase* atau klik ikon . Karena sebelumnya sudah dilakukan *tank calibration*, maka tangki-tangki yang telah direncanakan secara otomatis akan masuk pada data *loadcase*.

Sedangkan untuk berat dan titik berat *lightship* dan muatan yang dimuat KM. Meratus Banjar 2 pada saat berlayar yang terdiri dari kontainer-kontainer, ditambahkan secara manual di *software* Maxsurf dengan cara klik ikon *Addrow*. Berat dan titik berat muatan dimasukkan berdasarkan hasil penyebaran berat pada perhitungan dan pemeriksaan berat dan titik berat kapal.

8. Perencanaan Kebocoran dan Stabilitas

Pada tahap ini dilakukan simulasi kebocoran dengan membuat tangki atau kopartemen pada salah satu bagian kapal mengalami kebocoran pada *software* Maxsurf Stability. Tangki atau kompartemen yang mengalami kebocoran mengacu pada kronologi kecelakaan KM. Meratus Banjar 2 beserta bukti-bukti yang ada. Skenario kebocoran tangki dibuat bertahap sesuai dengan laporan kronologi kecelakaan KM. Meratus Banjar 2 dan bukti-bukti yang mendukung.

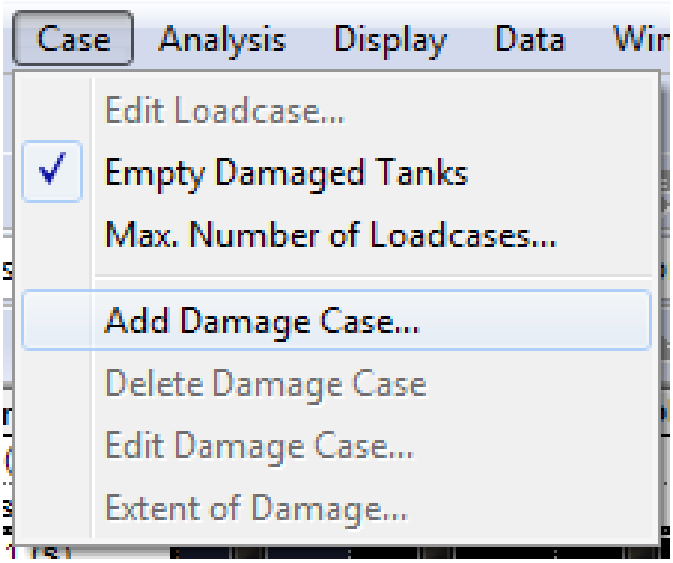
Model kapal yang telah dibuat akan disimulasikan kebocorannya pada program Maxsurf Stability. Perencanaan kebocoran dibuat sesuai dengan laporan kronologi kejadian tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 pada saat kejadian, yaitu kebocoran pada sisi *portside* di kamar mesin yang disebabkan keausan pada kran *seachest*, kompartemen kapal yang bocor ditunjukkan dengan warna merah.



Gambar IV.18. Perencanaan kebocoran

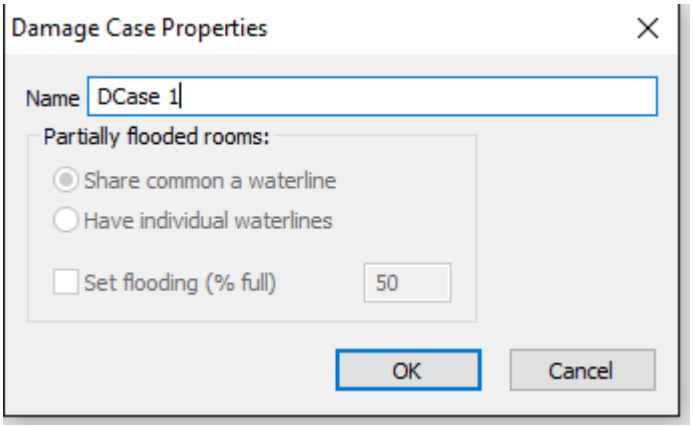
Perencanaan pembocoran pada model kapal (Gambar IV.18) dilakukan pada model kapal telah dibuat sebelumnya. Simulasi kebocoran dilakukan pada kompartemen kamar mesin (*Engine Room*) yang mengalami kebocoran akibat kran *seachest* yang mengalami keausan. Untuk mensimulasikan *damage compartement* model pada Maxsurf Stability yang perlu dilakukan adalah:

1. Klik tombol perintah *Damage Case Window* pada Maxsurf Stability.
2. Klik menu ***Case*** > ***Add Damage Case***. Dapat dilihat pada Gambar IV.19



Gambar IV.19. *Add damage case*

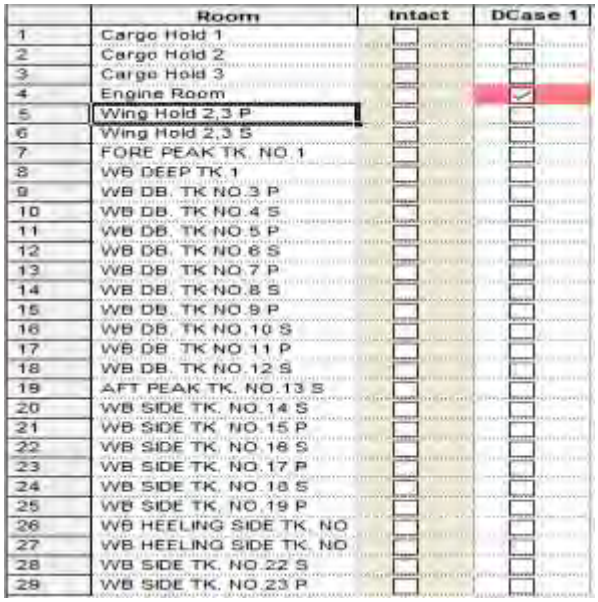
3. Setelah muncul *Damage Case Properties* (Gambar V.20), selanjutnya dilakukan pengisian nama *Damage Case*. Pada tahap ini dinamakan dcase 1.



Gambar IV.20. *Damage ccase properties*

Damage case digunakan untuk mensimulasikan kebocoran model kapal yang sebelumya sudah dibuat. Sehingga kita dapat mensimulasikannya sesuai kejadian yang dialami kapal tersebut.

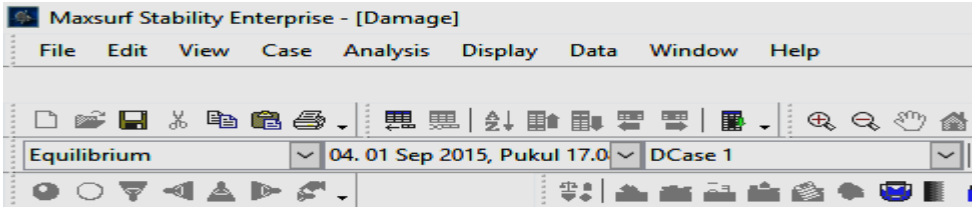
4. Berikan tanda centang pada tangki yang akan dibocorkan untuk menandakan bahwa tangki tersebut akan mengalami *damage* atau bocor, seperti pada Gambar IV.21.



	Room	Intact	DCase 1
1	Cargo Hold 1		
2	Cargo Hold 2		
3	Cargo Hold 3		
4	Engine Room		✓
5	Wing Hold 2,3 P		
6	Wing Hold 2,3 S		
7	FORE PEAK TK. NO.1		
8	WB DEEP TK.1		
9	WB DB. TK NO.3 P		
10	WB DB. TK NO.4 S		
11	WB DB. TK NO.5 P		
12	WB DB. TK NO.6 S		
13	WB DB. TK NO.7 P		
14	WB DB. TK NO.8 S		
15	WB DB. TK NO.9 P		
16	WB DB. TK NO.10 S		
17	WB DB. TK NO.11 P		
18	WB DB. TK NO.12 S		
19	AFT PEAK TK. NO.13 S		
20	WB SIDE TK. NO.14 S		
21	WB SIDE TK. NO.15 P		
22	WB SIDE TK. NO.16 S		
23	WB SIDE TK. NO.17 P		
24	WB SIDE TK. NO.18 S		
25	WB SIDE TK. NO.19 P		
26	WB HEELING SIDE TK. NO		
27	WB HEELING SIDE TK. NO		
28	WB SIDE TK. NO.22 S		
29	WB SIDE TK. NO.23 P		

Gambar IV.21. Pembocoran pada *engine room*

5. Selanjutnya pada analisis modelnya pilih *Equilibrium*, kemudian pilih *load case* dan pilih kronologi 1 pada *damage case*-nya. Bisa dilihat pada gambar IV.22 dan selanjutnya klik *Start Analysis*.



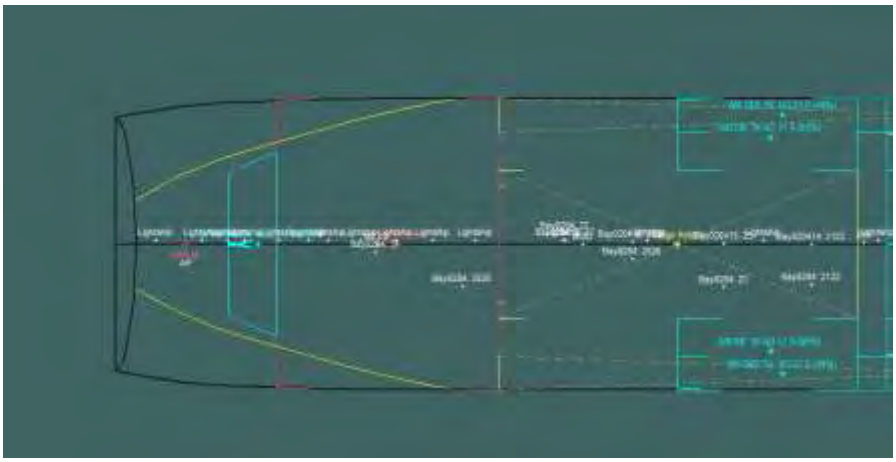
Gambar IV.22. Analisis Model, *load case*, dan *damage case*

6. Pada tabel data *load case* dapat dilihat bagian yang *damage*. Bagian yang *damage* sesuai dengan apa yang dicentang. Tabel IV. 6 adalah contoh kebocoran yang terjadi pada *engine room*.

Tabel IV.6. *Load case* yang kompartemennya mengalami *damage*

Load case	Jumlah	Unit Mass (ton)	Total Mass (ton)	Unit Volume m3	Total Volume m3	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	Momen (ton.m)	FMS Type
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
Kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	-0.062	7.899	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0	1195.111	0.000			-76.078	0.000	4.795	0.000	User Specified
Wing Hold 2,3 P	0%	278.339	0.000			56.426	-8.756	6.600	0.000	Actual
Wing Hold 2,3 S	0%	278.339	0.000			56.426	8.756	6.600	0.000	Actual
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000			111.246	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DEEP TK.1	0%	361.095	0.000			107.282	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000			97.879	-0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000			97.879	0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000			83.100	-0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000			83.100	0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.116			64.045	-7.318	0.722	257.039	Actual
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.116			64.045	7.318	0.722	257.039	Actual
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741			62.661	-2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741			62.661	2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761			42.351	-7.280	0.744	123.474	Actual
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761			42.351	7.280	0.744	123.474	Actual
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.090	41.886			5.243	0.000	4.054	378.166	Actual
WB SIDE TK. NO.14 S	80%	116.134	92.907			99.926	4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.15 P	80%	116.134	92.907			99.926	-4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951			82.682	8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951			82.682	-8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315			70.219	8.760	2.480	14.577	Actual
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315			70.219	-8.760	2.480	14.577	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	98%	147.315	144.369			56.901	8.760	3.974	0.000	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	0%	147.315	0.000			56.901	-8.760	1.450	0.000	Actual
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777			43.225	8.759	2.481	15.308	Actual
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777			43.225	-8.759	2.481	15.308	Actual
Engine Room										
Cargo Hold 3	0%	1154.838	0.000			35.840	0.000	1.450	0.000	Actual
Cargo Hold 2	0%	2117.328	0.000			70.573	0.000	1.450	0.000	Actual
Cargo Hold 1	0%	617.223	0.000			99.010	0.000	1.450	0.000	Actual

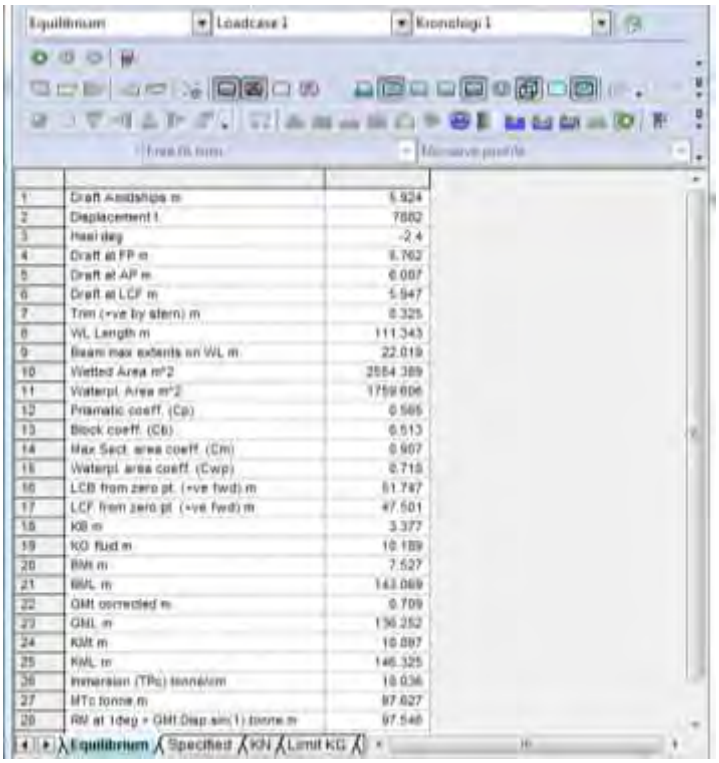
7. Keadaan kapal setelah bocor juga dapat diketahui. Dengan memilih sudut pandang pada Maxsurf Stability, baik pandangan *body plan, profile view, plan view*, atau juga dengan *perspective view*. Bagian yang berwarna merah menunjukkan tangki yang *damage*, Seperti pada Gambar IV.23 yang mengalami kebocoran pada *engine room*.



Gambar IV.23. *Engine room* mengalami kebocoran

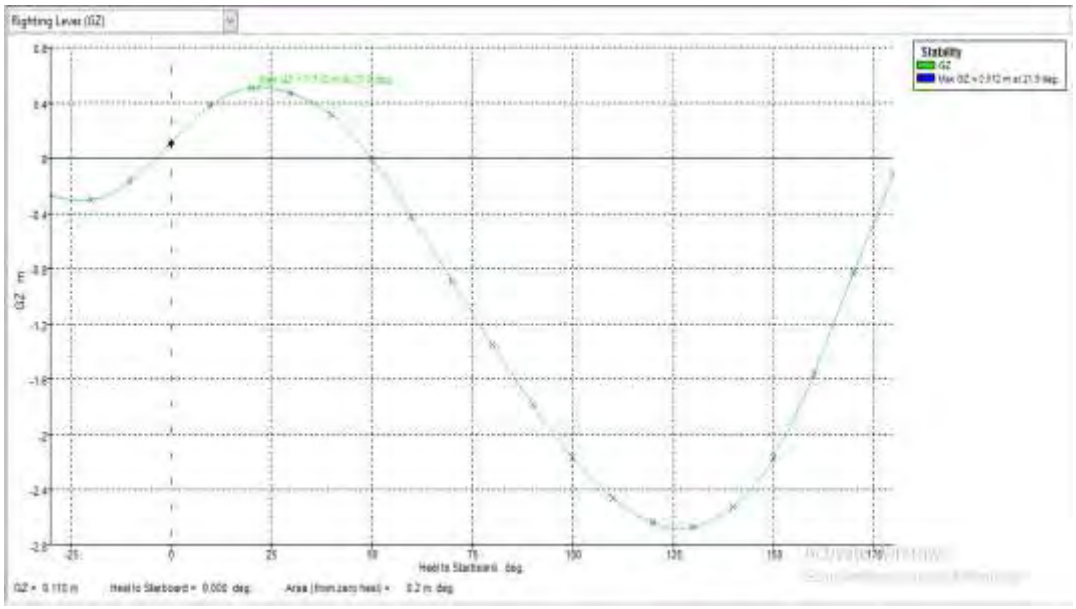
8. Untuk mengetahui tabel perhitungan *displacement*, sarat depan, dan sarat belakang pada kapal setelah bocor, juga perhitungan yang lainnya seperti Lcb, Lcf, dan sebagainya dapat dilihat pada Tabel IV.7 dengan cara klik *icon* *Current Result Window*.

Tabel IV.7. *Current result window*



1	Draft Amidships m	5.924
2	Displacement t	7882
3	Heel deg	-2.4
4	Draft at FP m	5.762
5	Draft at AP m	6.087
6	Draft at LCF m	5.947
7	Trim (+ve by stern) m	0.325
8	WL Length m	111.343
9	Beam max extents on WL m	22.019
10	Wetted Area m^2	2554.389
11	Waterpl. Area m^2	1759.696
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.565
13	Block coeff. (Cb)	0.513
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.907
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.715
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	51.747
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	47.501
18	KB m	3.377
19	KG fluid m	10.189
20	BM m	7.527
21	BML m	143.069
22	GM corrected m	0.709
23	GML m	136.252
24	KMt m	10.897
25	KML m	146.325
26	Immersion (TPc) tonne/cm	18.036
27	MTc tonne.m	97.627
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	97.546

9. Setelah kapal mengalami kebocoran, maka ada perubahan yang terjadi pada grafik CSA (*Curve Section Area*) dan perubahan grafik lengan GZ-nya. Untuk mengetahui grafik CSA seperti pada Gambar IV.24, setelah kapal mengalami kebocoran yang harus dilakukan adalah dengan cara klik*icon* *Graph Window*.



Gambar IV.24. Grafik *Curve Section Area*

9. Analisis dan Pembahasan

Hasil yang didapat dari simulasi kebocoran kemudian diolah untuk dijadikan dasar dalam menjelaskan secara teknis tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2. Pada tahap ini juga dilakukan pembahasan mengenai penyebab tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2.

10. Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahap diselesaikan, selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan dari analisis dan perhitungan yang telah dilakukan. Kesimpulan berupa kronologi kejadian tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2, kondisi stabilitas kapal saat bocor, penyebab tenggelamnya kapal, dan hal-hal yang bisa dilakukan untuk meningkatkan keselamatan kapal.

Sedangkan saran berisi tentang hal-hal yang dapat dikembangkan dari Tugas Akhir yang sedang dikerjakan, yang nantinya dapat dijadikan judul Tugas Akhir selanjutnya. Selain itu, saran berisi kekurangan-kekuarangan yang terdapat dalam Tugas Akhir yang sedang dikerjakan.

A. cara menghindari kecelakaan seperti yang terjadi pada KM. Meratus Banjar 2

- Familiarisasi awak kapal terhadap kondisi kapal secara utuh dan menyeluruh sangat diperlukan untuk dapat membantu awak kapal bekerja dengan selamat dan juga dapat mengoperasikan kapal terhindar dari potensi kecelakaan. Selain pengenalan terhadap kondisi kapal, familiarisasi perlu juga ditekankan pada pemahaman tentang batasan operasional dan perencanaan terhadap pengendalian resiko kecelakaan.
- Melakukan pengecekan ualang terhadap bagian-bagian kapal sebelum kapal mulai berlayar. Pengecekan berlakukan secara berkala agar kondisi kapal dapat dipantau dengan baik.

B. Tindakan menghadapi kondisi marabahaya

- Untuk menghindari masuknya air laut melalui bocornya lambung bagian kamar mesin KM. Meratus Banjar 2 dan sebelum memutuskan untuk berolah gerak, sebaiknya terlebih dahulu dilakukan perbaikan sementara (*temporary repair*) berupa penutupan lambung yang bocor.
- Pada saat kapal telah dalam kondisi miring, Nakhoda memerintahkan awak kapal untuk mempersiapkan penanganan kondisi darurat. Penanganan kondisi darurat yang dilakukan yaitu menelaah kondisi kerusakan kapal.
- Setelah dirasa kondisi kapal tidak lagi dapat ditangani, Nakhoda memerintahkan seluruh awak kapal untuk persiapan meninggalkan kapal (abandon ship). Seluruh awak kapal diperintahkan untuk mengenakan baju pelampung dan berkumpul.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

V.1. Analisis Data KM. Meratus Banjar 2

KM. Meratus Banjar 2 merupakan kapal yang dibangun pada tahun 1997 oleh Fujian mawai *shipbuilding* di Mawai, China. Berikut ini adalah Data KM Meratus Banjar 2 berupa *principal dimensions*.

Principal Dimensions KM. Meratus Banjar 2 adalah sebagai berikut:

1. **Nama Kapal** : Meratus Banjar 2
   - *Call Sign* : POXN
   - Bendera Kebangsaan : Indonesia
   - *Gross Tonnage* : 6114 t
   - *Deadweight* : 7734 t
   - Klasifikasi : Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)
   - Tempat Pembangunan : Fujian mawai shipbuilding - Mawai, China
   - Tahun Pembangunan : 1997
   - Tipe Kapal : *Container Ship*

2. **Ukuran Utama**
   - Panjang Seluruh (LOA) : 126,50 meter
   - *Length between* p.p (L) : 117.6 meter
   - Lebar :19.80 meter
   - Tinggi : 8.40 meter
   - Draft : 6.5 m
   - Jumlah baling-baling : 1 buah
   - Kecepatan : 10 Knot

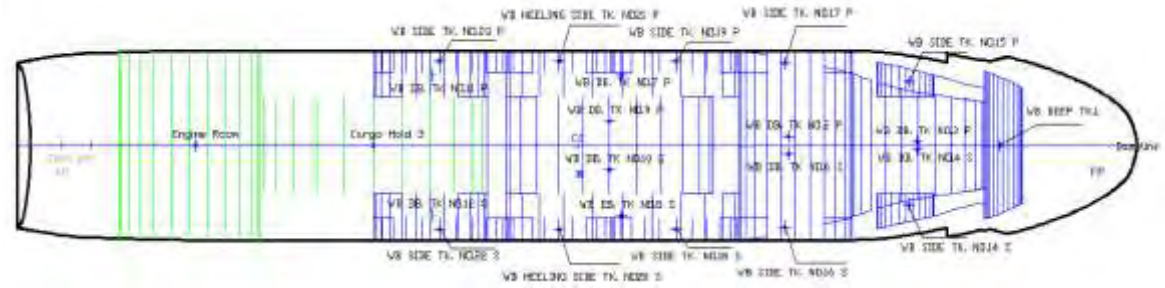
V.2. Perencanaan Kebocoran

Sebelum menganalisis kebocoran yang terjadi pada model kapal terlebih dahulu disimulasikan kebocorannya pada *software* Maxsurf Stability. Skenario kebocoran sesuai dengan kronologi yang didapat dari KNKT dan bukti-bukti pendukung pada saat kejadian,

simulasi kebocoran dilakukan dengan membocorkan kompartemen pada kapal. Bisa di bagian ruang muat, bisa di bagian kamar mesin kapal, dan juga bisa di bocorkan di bagian haluan kapal.

V.2.1. Kronologi 1

Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM Meratus KM. Meratus Banjar 2 berangkat dari pelabuhan Tanjung Perak pada tanggal 31 Agustus 2015, Pukul 11.21.



Gambar V.1. Tampak atas tangki kapal (kronologi 1)

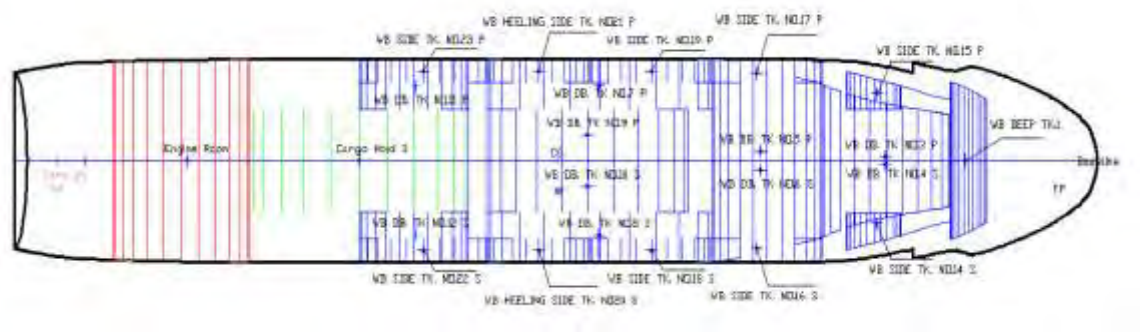
Pada Gambar V.1 KM. Meratus Banjar 2 berangkat dari pelabuhan Tanjung Perak dalam kondisi muatan lebih berat *portside* dibandingkan *starboard,* karena ada penambahan 2 *crane* pada bagian *portside.* Sehingga dibalas di sisi *starbord* untuk mengimbanginya, selain itu diatur balasnya supaya *trim* sesuai kondisi keberangkatan kapal.

Setelah dilakukan analisis keberangkatan KM. Meratus Banjar 2, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal seperti Gambar V.2.

Gambar V.2. Pencocokan model kejadian (kronologi 1)

V.2.2. Kronologi 2

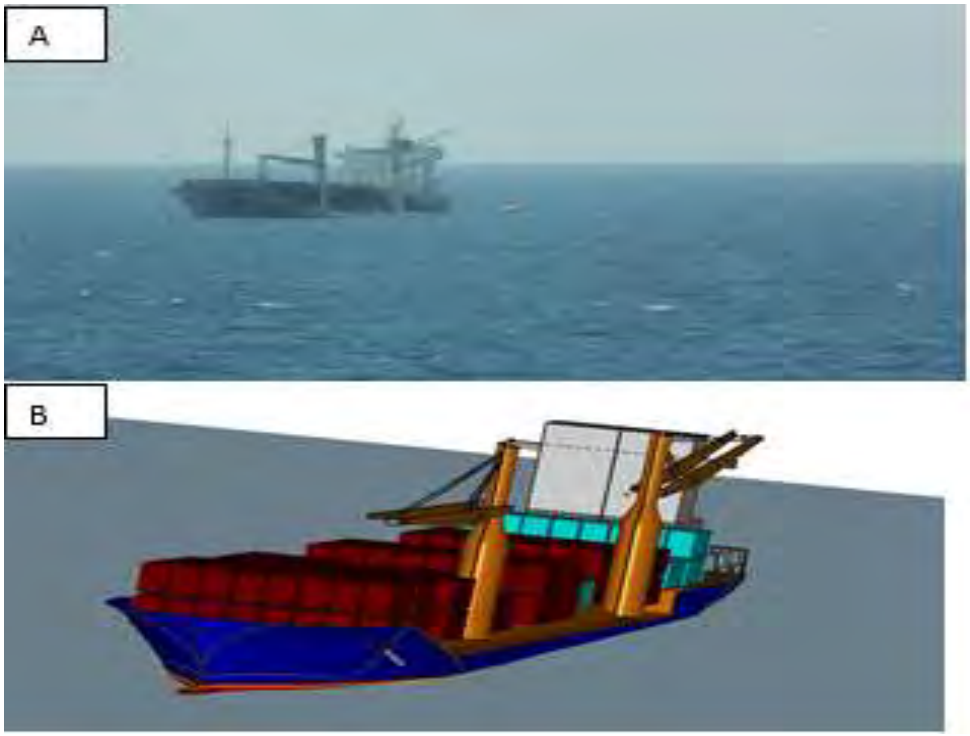
Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 1 September 2015 pukul 12.30.



Gambar V.3. Tampak atas tangki kapal (kronologi 2)

Pada Gambar V.3 KM. Meratus Banjar 2 mengalami kebocoran di kamar mesin sisi *portside* sebesar 40% air yang masuk, sehingga air hampir sebagian memeruhi ruangan pada kamar mesian. Kebocoran tersebut diduga karena kran pada *seachest* di kamar mesin mengalami aus sehingga tidak dapat ditutup dengan baik.

Setelah dilakukan *damage* pada kamar mesin, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal seperti Gambar V.4.

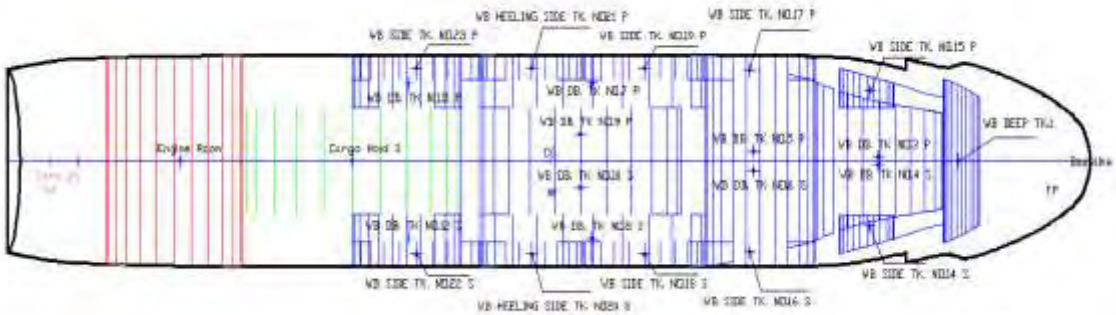


Gambar V.4. Pencocokan model kejadian (kronologi 2)

Dari Gambar V.4 dapat dilihat warnah merah pada model KM. Meratus Banjar 2 yang mengalami kebocoran di bagain kamar mesin sisi *portside*, sehingga kebocoran tersebut menyebabkan air masuk di kamar mesin.

V.2.3. Kronologi 3

Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 1 September 2015 pukul 13.42. Volume air yang masuk di kamar mesin kebocoran semakin bertambah, menyebabkan kapal semakin *heel* ke arah *portside*.



Gambar V.5. Tampak atas tangki kapal (kronologi 3)

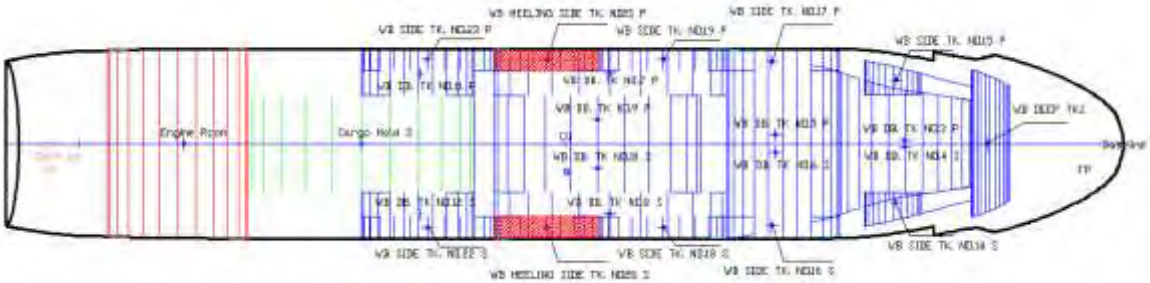
Pada Gambar V.5 KM. Meratus Banjar 2 mengalami kebocoran di kamar mesin sisi *portside* sebesar 60% air yang masuk, sehingga air sebagian lebih memeruhi ruangan pada kamar mesian.

Gambar V.6. Pencocokan model kejadian (kronologi 3)

Setelah dilakukan *damage* dan dilakukan penambahan volume air pada kamar mesin, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal seperti Gambar V.6.

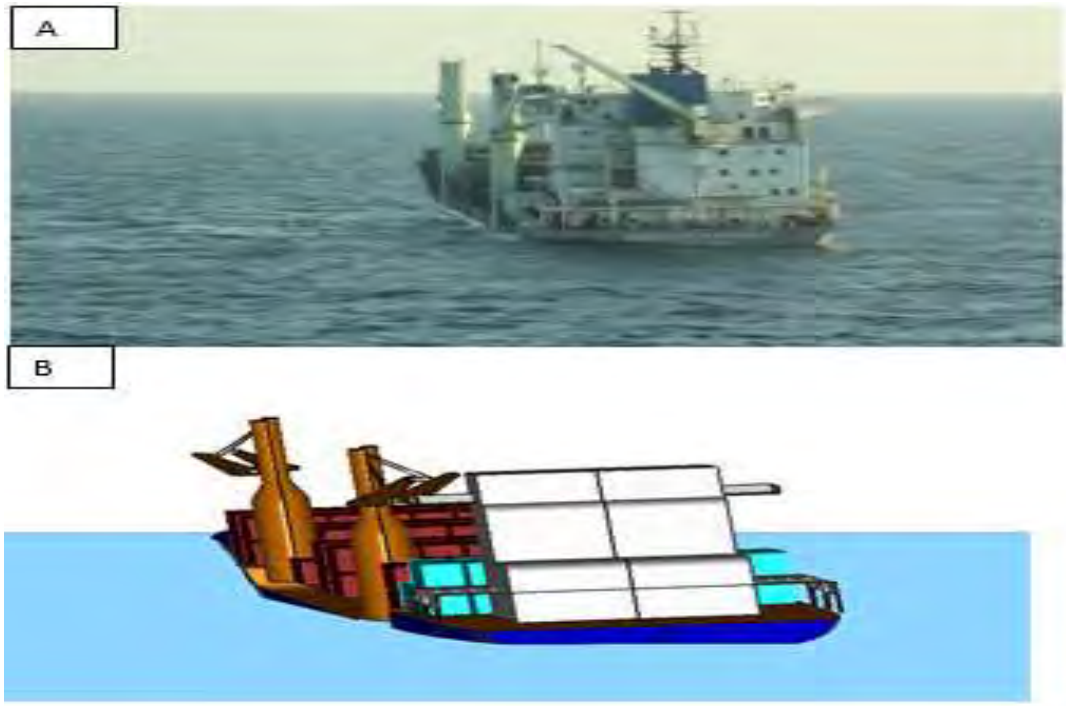
V.2.4. Kronologi 4

Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 1 September 2015 pukul 17.08.



Gambar V.7. Tampak atas tangki kapal (kronologi 4)

Pada Gambar V.7 KM. Meratus Banjar 2 mengalami penambahan air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%, serta mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 49% ke *heeling side tank* sisi *portside*.



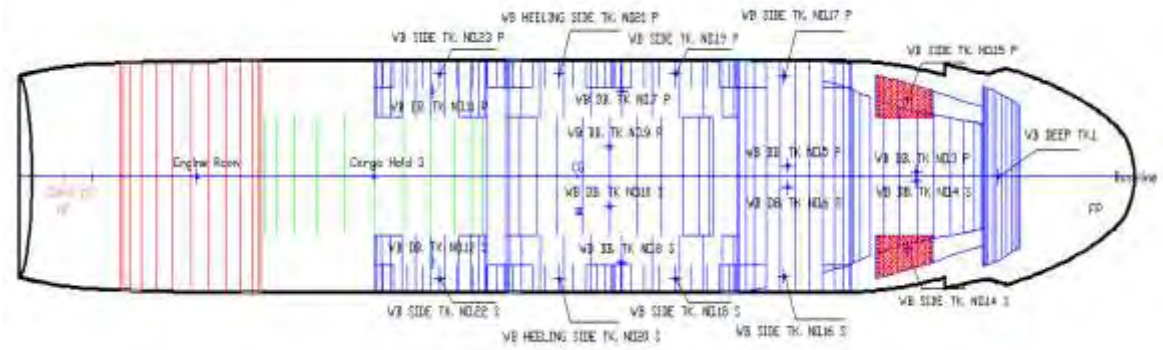
Gambar V.8. Pencocokan model kejadian (kronologi 4)

Setelah dilakukan penambahan *damage* pada kamar mesin dan perpindahan *ballast water* pada *heeling side tank* di sisi *starboard* ke *heeling side tank* sisi *portside*, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya, antara model kapal dengan kapal sebenatnya seperti Gambar V.8.

Dari gambar diatas dapat dilihat pada model KM. Meratus Banjar 2. Air masuk di kamar mesin dari sisi s*tarboard* mulai bertambah yang menyebabkan mesin bantu dan pompa balas mati, sehingga *ballast water* pada *heeling side tank* di sisi *starboard* bertambahtinggi. Dengan bertambah tingginya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* maka air akan mengalir ke *heeling side tank* sisi *portside* yang menyebabkan kapal *heel*.

V.2.5. Kronologi 5

Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 1 September 2015 pukul 19.00.



Gambar V.9. Tampak atas tangki kapal (kronologi 5)

Pada Gambar V.9 KM. Meratus Banjar 2 mengalami penambahan air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%. Akibat penambahan air pada kamar mesi menyebabkan mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 49% ke *heeling side tank* sisi *portside*, dan mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside* sebesar 10 %.

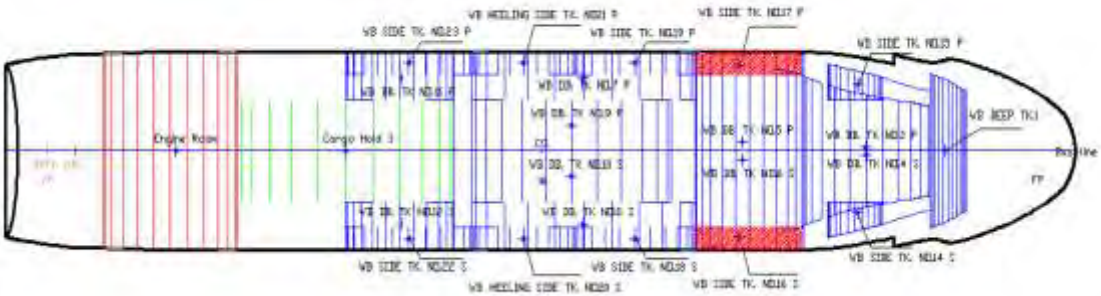
Setelah dilakukan perpindahan *ballast water* pada *heeling side tank* di sisi *starboard* ke *heeling side tank* sisi *portside* dan *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside*, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal yang sudah dibuat sebelmnya, pencocokan kejadian dapat dilihat seperti pada Gambar V.10.

Gambar V.10. Pencocokan model kejadian (kronologi 5)

Dari Gambar V.10 dapat dilihat pada model KM. Meratus Banjar 2. Air masuk di kamar mesin dari sisi s*tarboard* mulai bertambah dan mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengakibatkan juga mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside*.

V.2.6. Kronologi 6

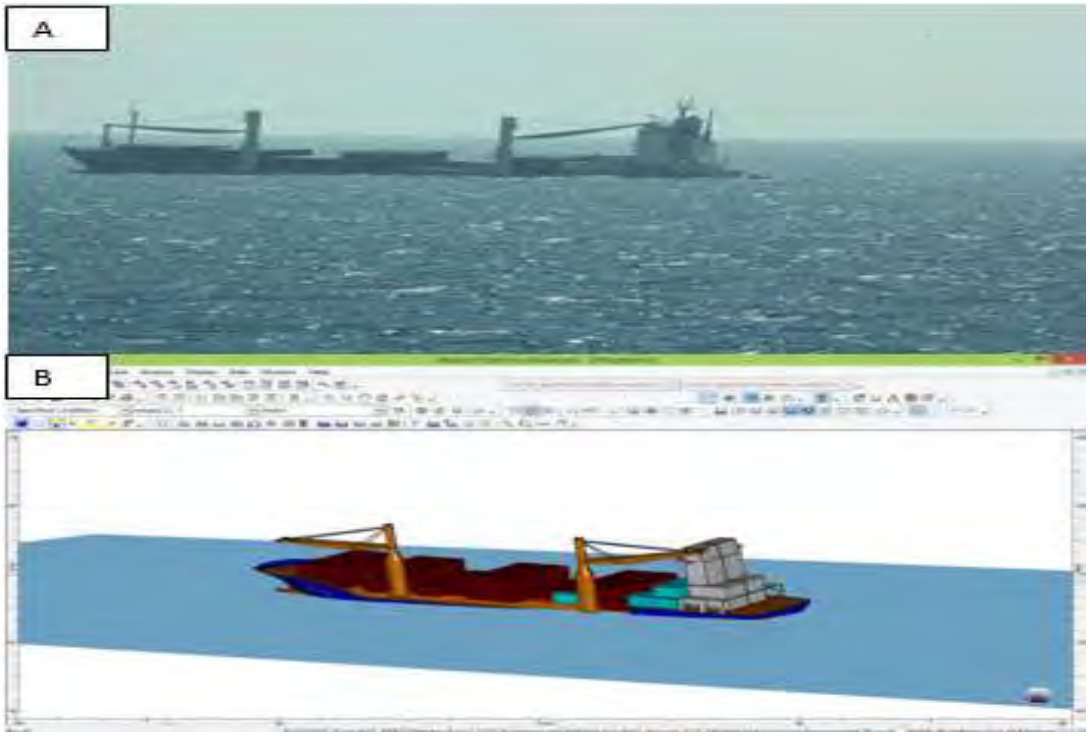
Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 1 September 2015 pukul 21.00.



Gambar V.11. Tampak atas tangki kapal (kronologi 6)

Pada Gambar V.11 6 KM. Meratus Banjar 2 mengalami penambahan air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%, mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 49% ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside* sebesar 10 %, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* ke *side tank* no.17 sisi *portside* sebesar 20%.

Setelah dilakukan perpindahan *ballast water* pada *heeling side tank* di sisi *starboard* ke *heeling side tank* sisi *portside*, *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside* dan *Ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* juga ikut mengalir ke *side tank* no.17 sisi *portside,* dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal.

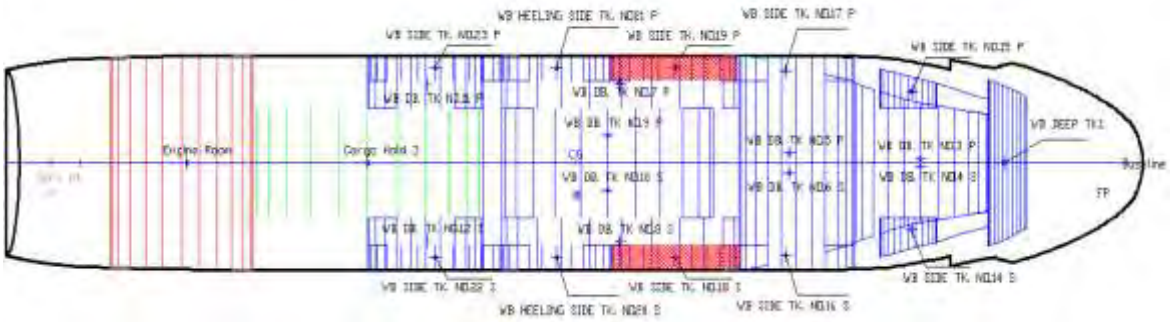


Gambar V.12. Pencocokan model kejadian (kronologi 6)

Dari gambar-gambar kronologi sebelumnya dapat dilihat model KM. Meratus Banjar 2 mengalami *heel* karena kebocoran dan perpindahan *ballast water*. Demikian juga pada Gambar V. 12 yang dapat kita dilihat, setelah mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* ke *heeling side tank* sisi *portside*, dan mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside*. *Ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* juga ikut mengalir ke *side tank* no.17 sisi *portside* karena semakin miringnya kapal ke sisi *portside*.

V.2.7. Kronologi 7

Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 1 September 2015 pukul 23.00.



Gambar V.13. Tampak atas tangki kapal (kronologi 7)

Pada Gambar V.13 KM. Meratus Banjar 2 mengalami penambahan air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%, mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 49% ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside* sebesar 10 %, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* ke *side tank* no.17 sisi *portside* sebesar 20%, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 18 sisi *starboard* ke *side tank* no.19 sisi *portside* sebesar 20%.

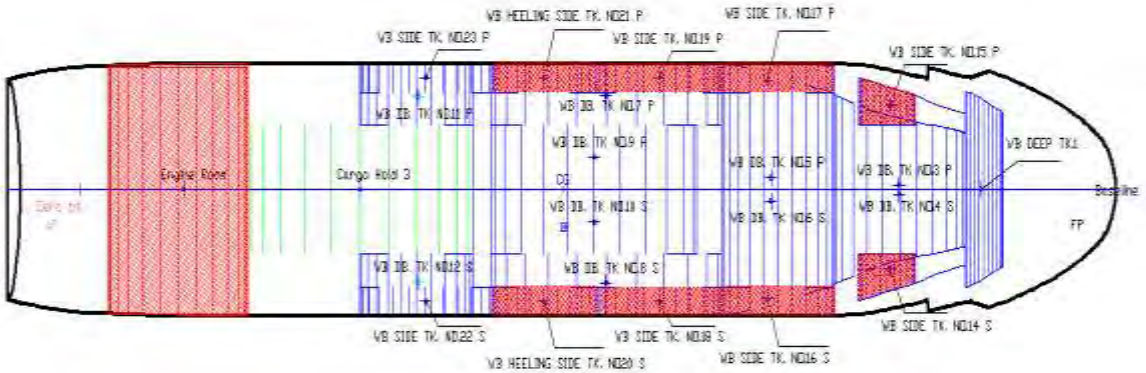
Setelah dilakukan perpindahan *ballast water* dari sisi *starboard* ke sisi *portside* ke beberapa tanki, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal, seperti Gambar V.14.

Gambar V.14. Pencocokan model kejadian (kronologi 7)

Dari gambar kronologi sebelumnya dapat dilihat model KM. Meratus Banjar 2 mengalami *heel* karena kebocoran dan perpindahan *ballast water*. Demikian juga pada Gambar V. 14 setelah mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* ke *side tank* no.17 sisi *portside,* karena semakin miringnya kapal ke sisi portside. *Ballast water* pada *side tank* no. 18 sisi *starboard* juga ikut mengalir ke *side tank* no.19 sisi *portside* sehingga menyebabkan kapal semakin miring.

V.2.8. Kronologi 8

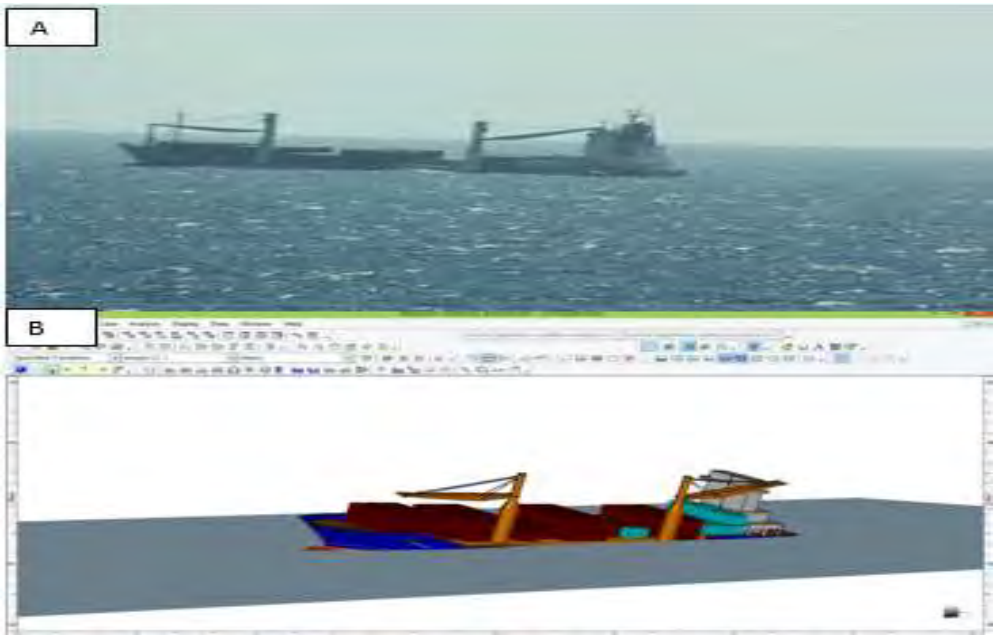
Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 2 September 2015 pukul 01.00.



Gambar V.15. Tampak atas tangki kapal (kronologi 8)

Pada Gambar V.15 KM. Meratus Banjar 2 mengalami penambahan air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%, sehingga menyebabkan mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 69% ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside* sebesar 10 %, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* ke *side tank* no.17 sisi *portside* sebesar 20%, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 18 sisi *starboard* ke *side tank* no.19 sisi *portside* sebesar 20%.

Setelah dilakukan perpindahan dan penambahan *ballast water* dari sisi *starboard* ke sisi *portside* ke beberapa tanki, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal.

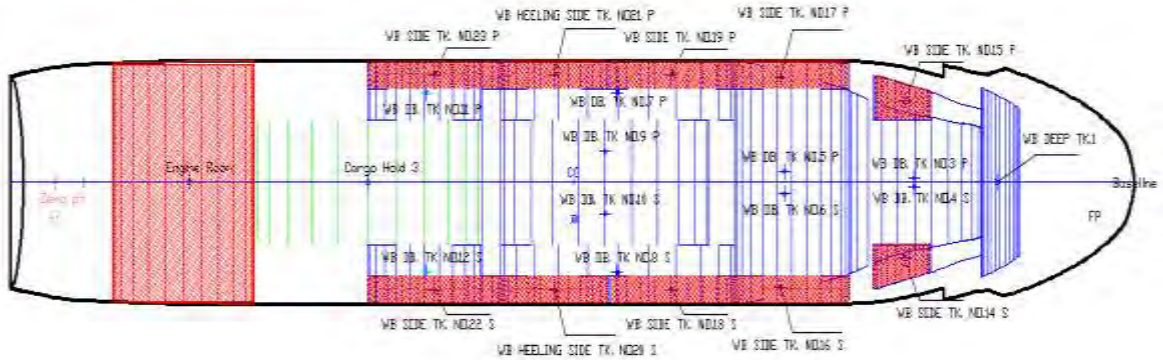


Gambar V.16. Pencocokan model kejadian (kronologi 8)

Dari gambar kronologi sebelumnya dapat dilihat model KM. Meratus Banjar 2 mengalami *heel* karena kebocoran dan perpindahan *ballast water*. Demikian juga pada gambar V. 16 terjadi penambahan *ballast water* pada *heeling side tank* no 21 sisi *pordside*.

V.2.9. Kronologi 9

Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 2 September 2015 pukul 03.00.

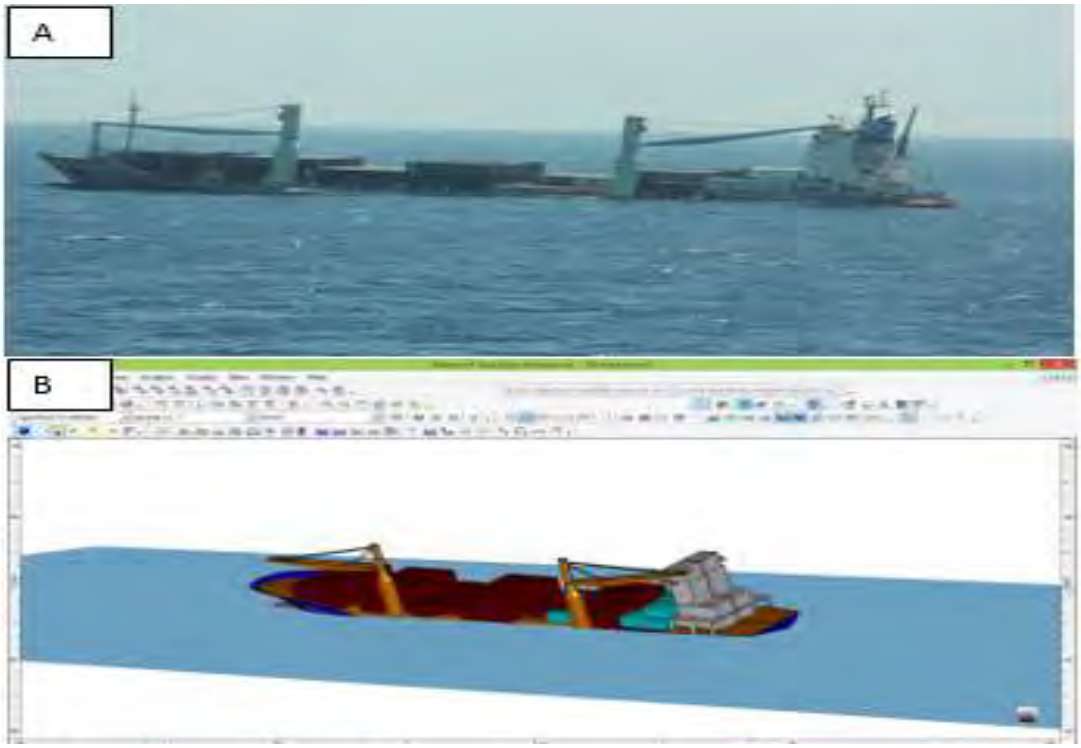


Gambar V.17. Tampak atas tangki kapal (kronologi 9)

Pada Gambar V.17 KM. Meratus Banjar 2 mengalami penambahan air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%, mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 69% ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no.

14 sisi *starboard* ke side tank no. 15 sisi *portside* sebesar 10 %, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* ke *side tank* no.17 sisi *portside* sebesar 20%, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 18 sisi *starboard* ke *side tank* no.19 sisi *portside* sebesar 20%, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 22 sisi *starboard* ke *side tank* no.23 sisi *portside* sebesar 20%.

Setelah dilakukan perpindahan dan penambahan *ballast water* dari sisi *starboard* ke sisi *portside* ke beberapa tanki, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal.

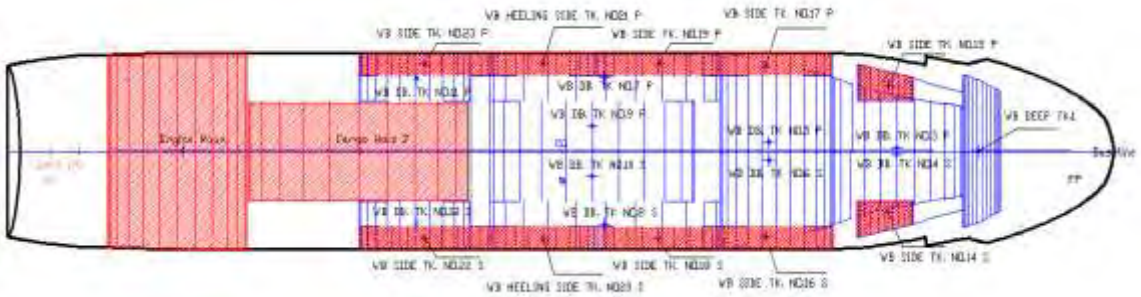


Gambar V.18. Pencocokan model kejadian (kronologi 9)

Dari gambar kronologi sebelumnya dapat dilihat model KM. Meratus Banjar 2 mengalami *heel* karena kebocoran dan perpindahan *ballast water*. Demikian juga pada gambar V. 18 terjadi penambahan *ballast water* pada *side tank* no. 23 karena *ballast water* pada *side tank* no. 22 sisi *starboard* mengalir ke side tank no. 23 sisi *portside*.

V.2.10. Kronologi 10

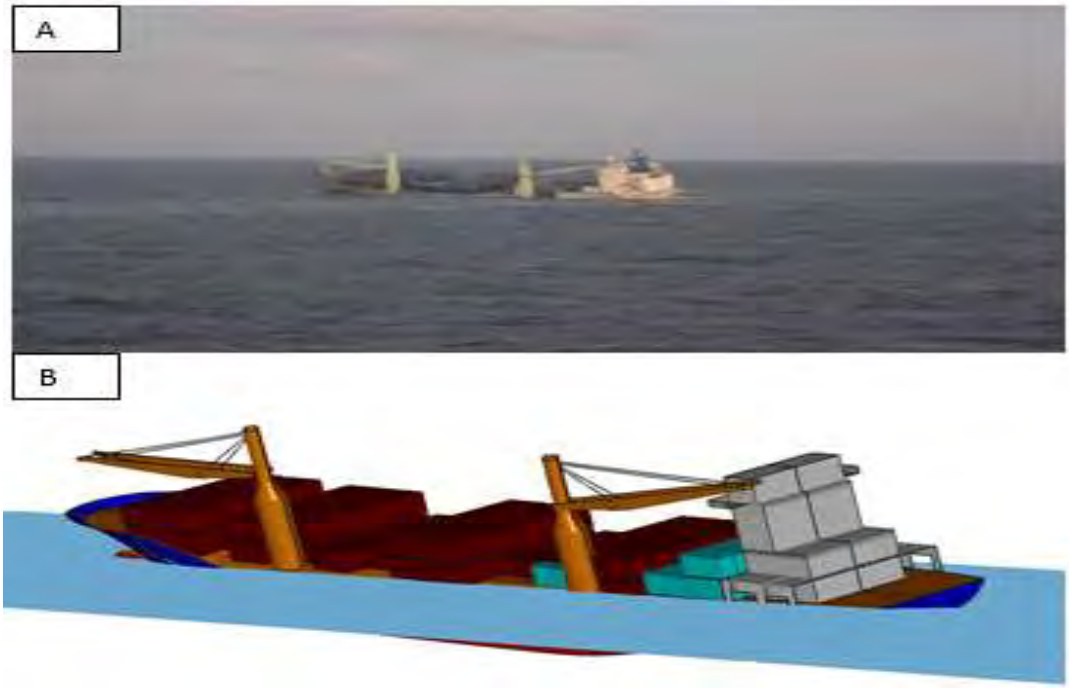
Sesuai dengan kronologi kejadian yang didapat dan bukti pendukung pada saat kejadian. KM. Meratus Banjar 2 mengalami Kebocoran pada kamar Mesin Pada Tanggal 2 September 2015 pukul 05.42.



Gambar V.19. Tampak atas tangki kapal (kronologi 10)

Pada Gambar V.19 masuknya air di kamar mesin sisi *portside* sebesar 75%, masuknya air di cargo hold 3 sebesar 20 %, mengalirnya *ballast water* pada *heeling side tank* sisi *starboard* sebesar 69% ke *heeling side tank* sisi *portside*, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 16 sisi *starboard* ke *side tank* no.17 sisi *portside* sebesar 20%, mengalirnya *ballast water* pada *side tank* no. 18 sisi *starboard* ke *side tank* no.19 sisi *portside* sebesar 20%, penambahan *ballast water* pada *side tank* no. 22 sisi *starboard* sebesar 55% dan pemanbahan ballast water *side tank* no.23 sisi *portside* sebesar 95%.

Setelah dilakukan perpindahan dan penambahan *ballast water* dari sisi *starboard* ke sisi *portside* ke beberapa tanki masuknya air ke ruang muat, dilakukan pecocokan kejadian pada saat kejadian sebenarnya dengan model kapal.



Gambar V.20. Pencocokan model kejadian (kronologi 10)

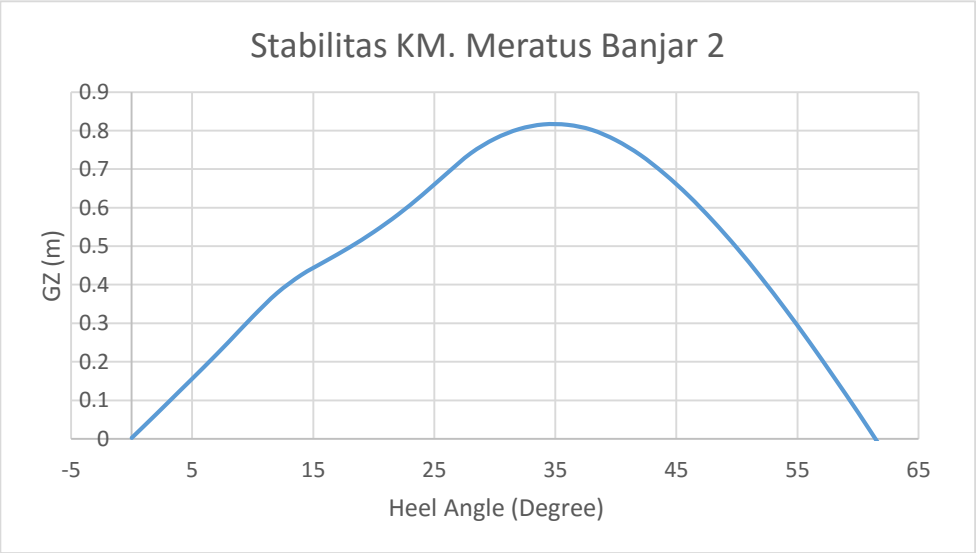
Dari gambar kronologi sebelumnya dapat dilihat model KM. Meratus Banjar 2 mengalami *heel* karena kebocoran dan perpindahan *ballast water*. Demikian juga pada gambar V. 20 terjadi penambahan *ballast water* pada *side tank* no. 23 karena *ballast water* pada *side tank* no. 22 sisi *starboard* mengalir ke side tank no. 23 sisi *portside*, karena *trim* -nya besar air masuk ke ruang muat. Adanya permukaan bebas diruang mesin dan ruang muat menyebabkan kapal labil selanjutnya *capsize*.

V.3. Analisis Stabilitas KM. Meratus Banjar 2

Hasil yang didapat dari simulasi kebocoran kemudian diolah untuk dijadikan dasar dalam menjelaskan secara teknis tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2. Pada tahap ini juga dilakukan pembahasan mengenai penyebab tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 dan hal-hal apa saja yang bisa ditingkatkan guna mengurangi resiko kapal tenggelam saat mengalami kebocoran dilihat dari segi desain.

V.3.1. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 1

Analisis stabilitas yang didapatkan pada tanggal 31 Agustus 2015, pukul 11.21 dengan menggunakan *software* Maxsurf Stability *education version* adalah KM. Meratus Banjar 2 mengalami kondisi *trim* sebesar 0.949 m, didapatkan sudut *heeling* 0.0 deg, *draft* depan 5.946 m, *draft* belakang 6.895 m, volume air masuk sebesar 0 m^3, dan status kapal berada di GZ positif. Dari kronologi 1 atau ketika kapal akan berlayar, juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

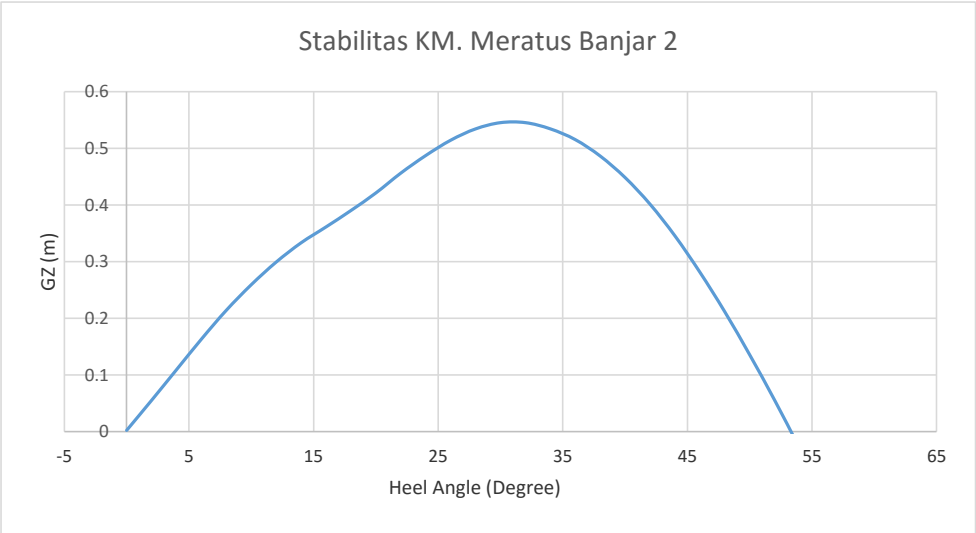


Gambar V.21. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (Kronologi 1)

Dilihat dari Gambar V.21 grafik stabilitas kronologi 1. KM. Meratus Banjar 2 memenuhi kriteria IMO mengenai stabilitas yaitu nilai GZ max berada di sudut *heel*lebih dari 25^0 yaitu di 36^0 dengan nilai GZ 0.815 m.

V.3.2. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 2

Analisis yang didapatkan pada tanggal 1 September 2015, pukul 12.30 adalah KM. Meratus Banjar 2 ketika mengalami kebocoran di kamar mesin dengan *trim* sebesar 4.273 m didapatkan sudut *heeling* 0 deg, *draft* depan 4.352 m, *draft* belakang 8.625 m, *displacement* kapal sebesar 11737 ton, volume air masuk di kamar mesin sebesar 466.38 m^3, status kapal GZ positif. Dari kronologi 2 juga didapatkan grafik stabilitas ketika kapal bocor dibagian kamar mesin sebagai berikut:

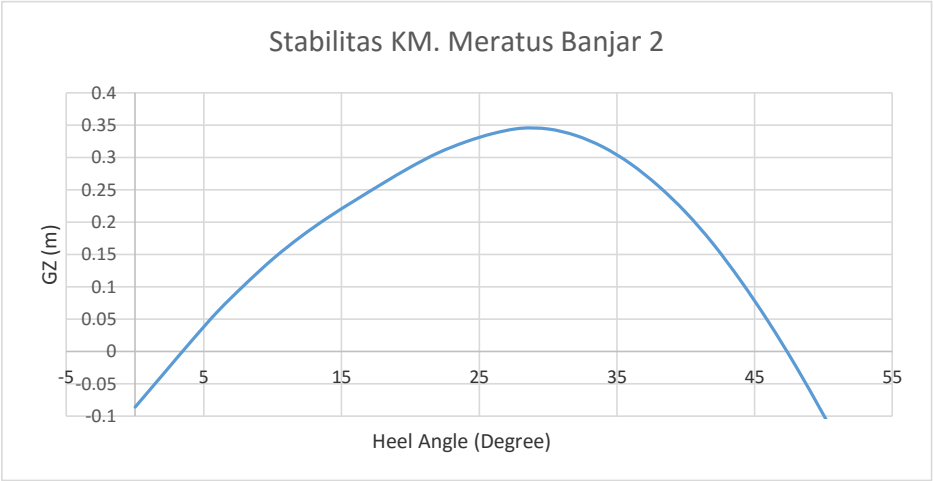


Gambar V.22. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 2)

Kapal mengalami kebocoran, air mulai masuk melalui lubang *seachast* pada bagian kamar mesin. Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.22 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.545 m pada sudut *heeling* 32^0.

V.3.3. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 3

Analisis yang didapatkan pada tanggal 1 September 2015, pukul 13.42 adalah KM. Meratus Banjar 2 ketika mengalami kebocoran di kamar mesin dengan trim sebesar 5.615 m, di dapatkan sudut heeling -3.6 deg, *draft* depan 3.578 m, draft belakang 9.435 m, displacement kapal sebesar 11976 ton, volume air masuk di kamar mesin: 699.57 m^3, status kapal: GZ positif. Dari kronologi 3 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

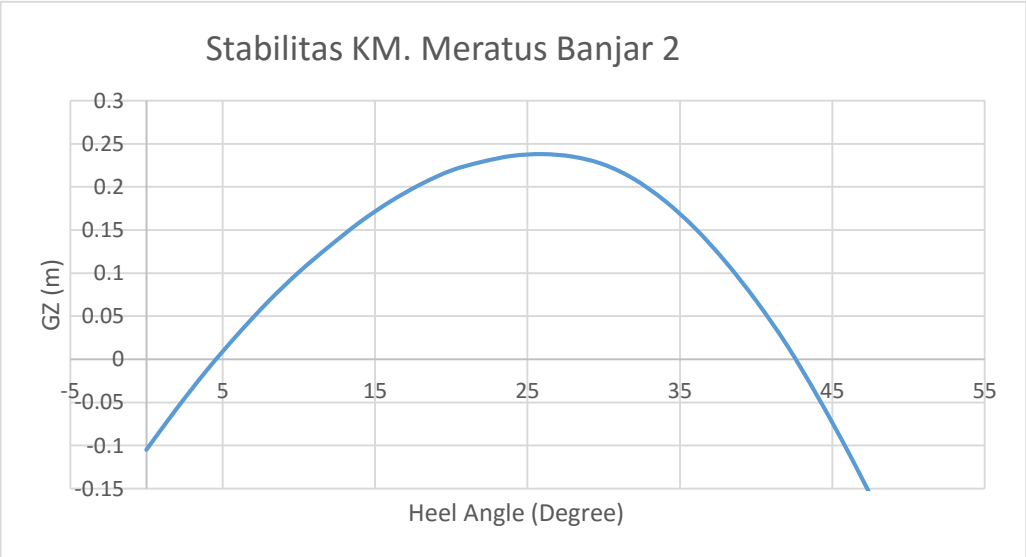


Gambar V.23. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 3)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.23 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.344 m pada sudut heeling 30^0.

V.3.4. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 4

Analisis yang didapatkan pada tanggal 1 September 2015, pukul 17.08 adalah KM. Meratus Banjar 2 ketika mengalami kebocoran di kamar mesin dengan *trim* sebesar 7.042 m, didapatkan sudut *heeling* -3.9 deg, *draft* depan 2.995 m, *draft* belakang 10.037 m, *displacement* kapal: 12152 ton, volume air masuk di kamar mesin sebesar 874.47 m^3, status kapal: GZ positif. Dari kronologi 4 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

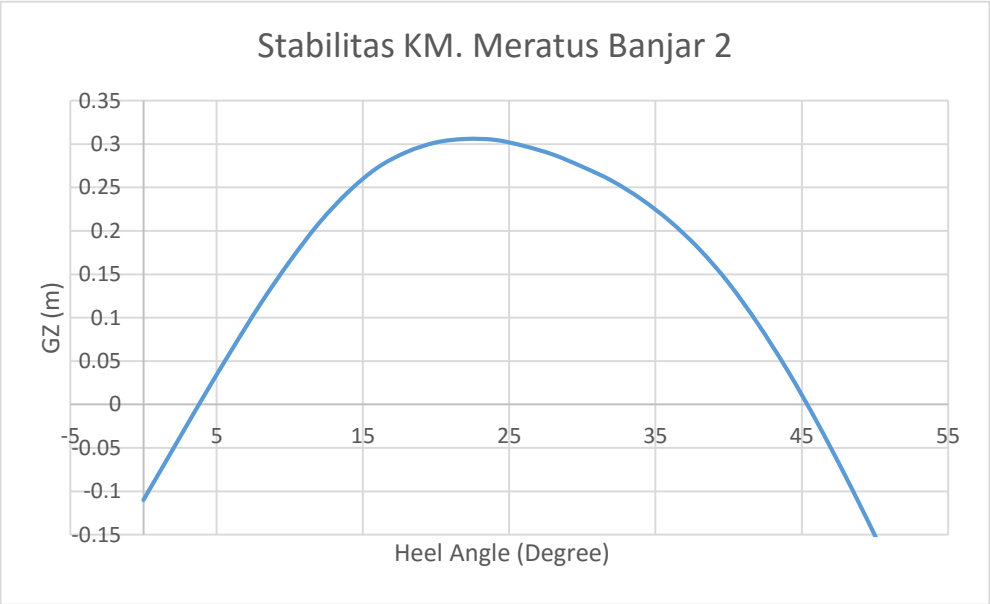


Gambar V.24. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 4)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.24 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.238 m pada sudut heeling 26^0.

V.3.5. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 5

Analisis yang didapatkan pada tanggal 1 September 2015, pukul 19.00 adalah KM. Meratus Banjar 2 ketika mengalami kebocoran di kamar mesin dengan *trim* sebesar 3.522 m, didapatkan sudut *heeling* -5.0 deg, *draft* depan 5.111 m, *draft* belakang 8.633 m, *displacement* kapal sebesar 12510 ton, volume air masuk di kamar mesin sebesar 1250.019 m^3, status kapal GZ positif. Dari kronologi 5 juga didapatkan grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 sebagai berikut:

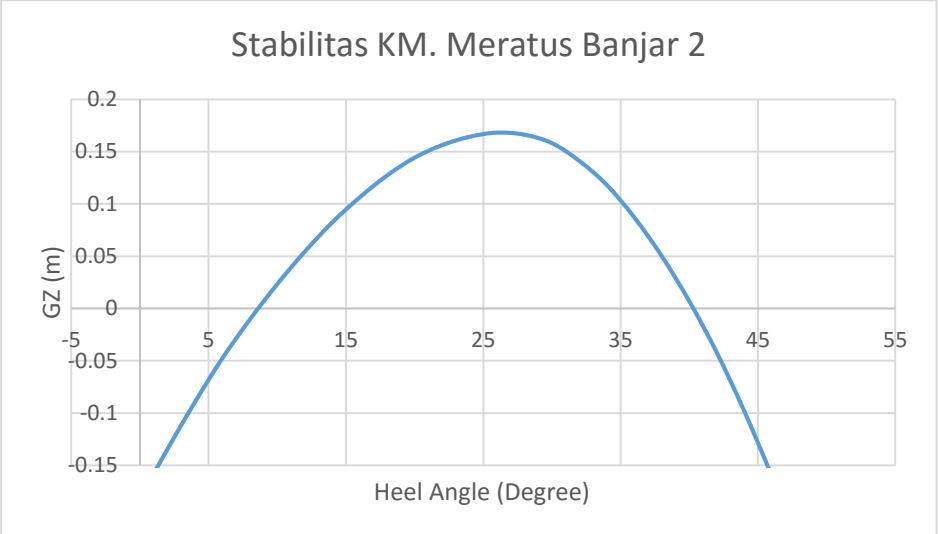


Gambar V.25. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 5)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.25 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.306 m pada sudut heeling 22^0.

V.3.6. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 6

Analisa yang didapatkan pada tanggal 1 September 2015, pukul 21.00 adalah KM. Meratus Banjar 2 mengalami *trim* sebesar 3.529 m, didapatkan sudut *heeling* -7.4 deg, *draft* depan 5.108 m, *draft* belakang 8.637 m, *displacement* kapal sebesar 12509 ton, volume air masuk di kamar mesin sebesar 1219.019 m^3, status kapal GZ positif. Dari kronologi 6 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

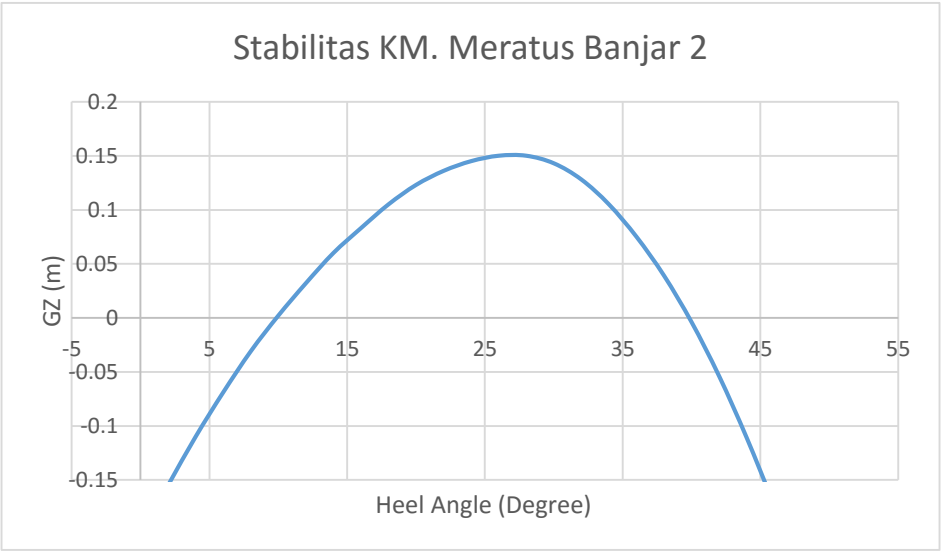


Gambar V.26. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 6)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.26 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.168 m pada sudut heeling 26^0.

V.3.7. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 7

Analisa yang didapatkan pada tanggal 1 September 2015, pukul 23.00 adalah KM. Meratus Banjar 2 mengalami *trim* sebesar 3.528 m, didapatkan sudut heeling -9.8 deg, *draft* depan 5.112 m, *draft* belakang 8.640 m, *displacement* kapal 12509 ton, volume air masuk di Kamar mesin sebesarn1175.62 m^3, status kapal GZ positif. Dari kronologi 7 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

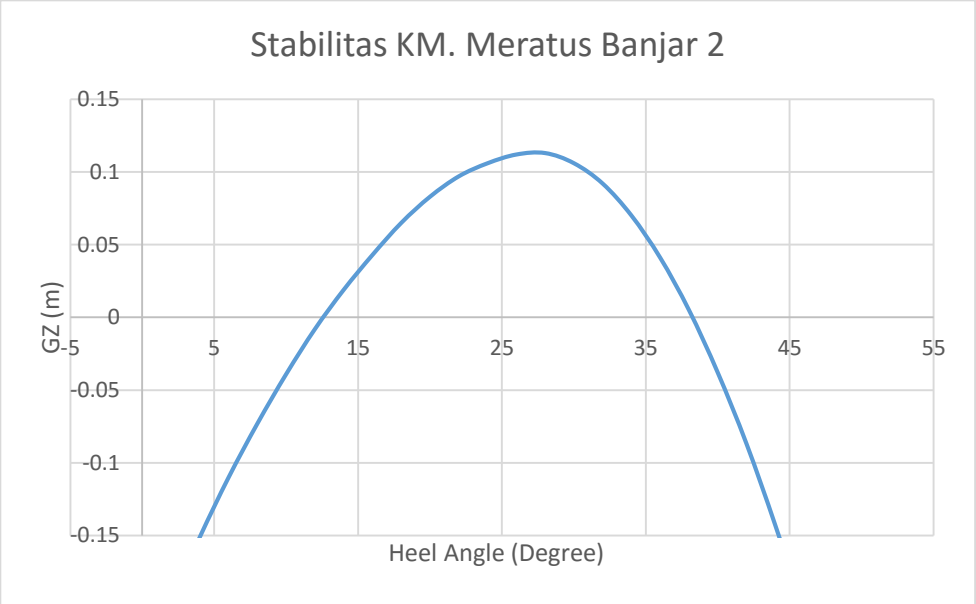


Gambar V.27. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 7)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.27 grafik stabilitas di atas dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.15 m pada sudut heeling 26^0.

V.3.8. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 8

Analisa yang didapatkan pada tanggal 2 September 2015, pukul 01.00 adalah KM. Meratus Banjar 2 mengalami *trim* sebesar 3.523 m di dapatkan, sudut heeling -12.5 deg, *draft* depan 5.121 m, *draft* belakang 8.644 m, *displacement* kapal sebesar 12509 ton, volume air masuk di kamar mesin sebesar 1250.019 m^3, status kapal GZ positif. Dari kronologi 8 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

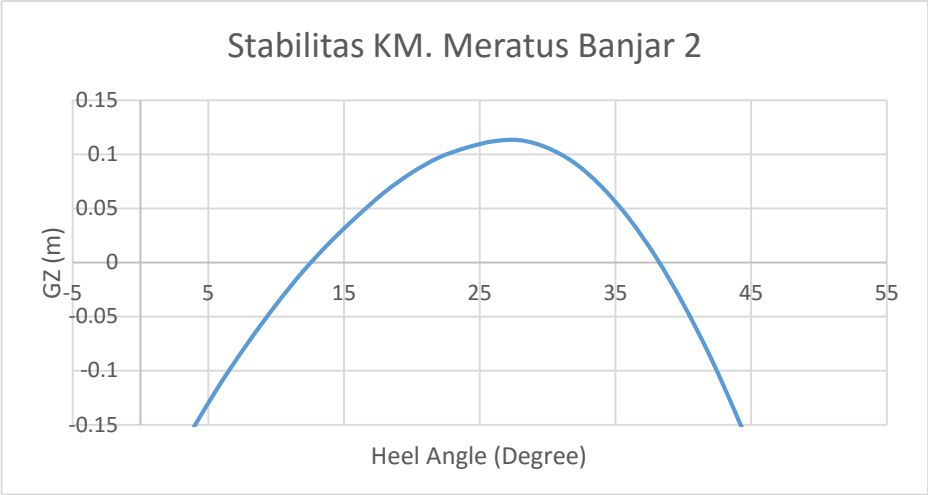


Gambar V.28. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 8)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.28 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.113 m pada sudut heeling 28^0.

V.3.9. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 9

Analisa yang didapatkan pada tanggal 2 September 2015, pukul 03.00 adalah KM. Meratus Banjar 2 mengalami *trim* sebesar 3.479 m, didapatkan sudut heeling -16.2 deg, *draft* depan 5.162 m, *draft* belakang 8.640 m, *displacement* kapal sebesar 12509 ton, volume air masuk di kamar mesin sebesar 1250.019 m^3, status kapal: GZ positif. Dari kronologi 9 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:

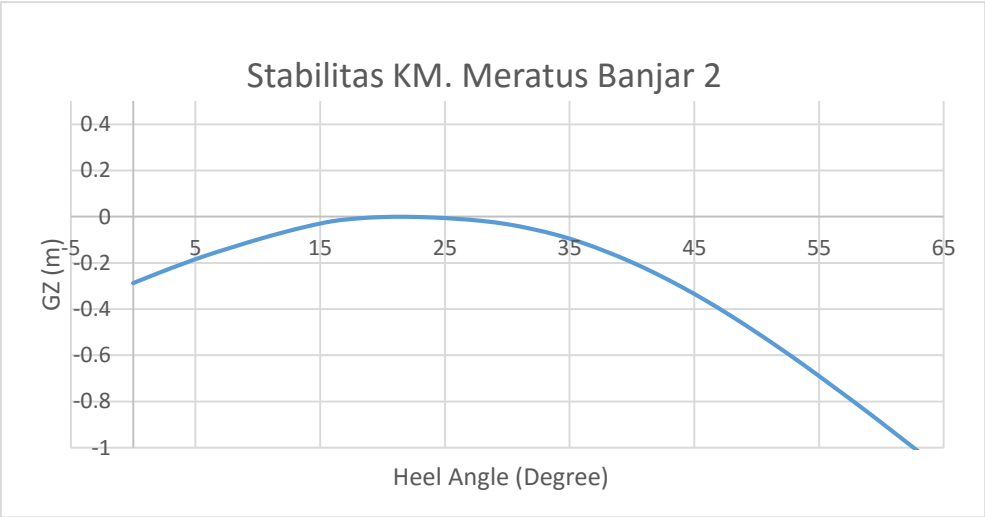


Gambar V.29. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 9)

Pada kondisi ini kapal masih memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.29 dimana diketahui bahwa GZ max masih positif dengan nilai GZ sebesar 0.112 m pada sudut heeling 26^0.

V.3.10. Analisis Stabilitas Pada Kronologi 10

Dengan mengalirnya isi tangki disebelah *starboard* ke *portside* menyebabkan *trim heel* kapal bertambah, begitu pula volume air yang masuk ke ruang mesin. Karena *trim* -nya besar air masuk ke ruang muat akibat permukaan air lebih besar dari lubang palkah. Karena adanya permukaan bebas di ruang mesin dan ruang muat menyebabkan kapal labil kemudian *capsize* dan selanjutnya KM. Meratus Banjar 2 tenggelam. Dari kronologi 10 juga didapatkan grafik stabilitas sebagai berikut:



Gambar V.30. Grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 (kronologi 10)

Pada kondisi ini kapal sudah tidak memiliki momen pengembali, hal ini bisa dilihat dari Gambar V.30, dimana diketahui bahwa GZ max mendekati nol (*negative*) dengan nilai GZ sebesar -0.0004 m pada sudut heeling $22^{0.}$ Sehingga kapal akan mengalami labil kemudian *capsize* dan selanjutnya KM. Meratus Banjar 2 tenggelam.

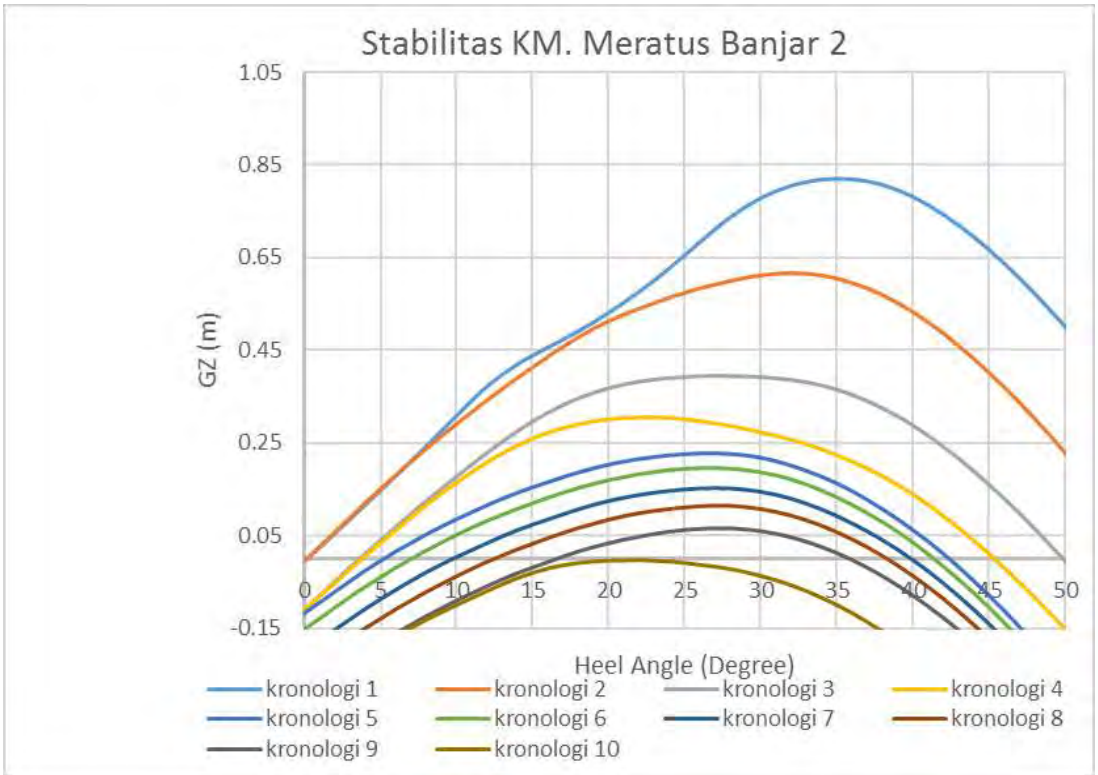
V.3.11. Resume Stabilitas KM. Meratus Banjar 2

Tabel V.1 dan Gambar grafik V.31 bawah ini adalah resume kejadian-kejadian (kronologi) dari stabilitaas KM. Meratus Banjar 2 setelah dianalisis stabilitasnya, dari saat kapal berangkat sampai saat kapal mengalami kebocoran pada kamar mesin dan sampai kapal mengalami kondisi capsize.

Tabel V.1. Resume stabilitas KM. Meratus Banjar 2

	01. 31 Agt 2015, Pukul 11.21	02. 01 Sep 2015, Pukul 12.30	03. 01 Sep 2015, Pukul 13.42	04. 01 Sep 2015, Pukul 17.08	05. 01 Sep 2015, Pukul 19.00	06. 01 Sep 2015, Pukul 21.00	07. 01 Sep 2015, Pukul 23.00	08. 02 Sep 2015, Pukul 01.00	09. 02 Sep 2015, Pukul 03.00	10. 02 Sep 2015, Pukul 05.42
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-0.006	-0.006	-0.112	-0.11	-0.117	-0.153	-0.201	-0.242	-0.293	-0.288
2	0.054	0.057	-0.049	-0.052	-0.071	-0.106	-0.155	-0.196	-0.247	-0.245
4	0.116	0.12	0.011	0.006	-0.025	-0.061	-0.11	-0.151	-0.202	-0.204
6	0.178	0.18	0.068	0.062	0.016	-0.02	-0.069	-0.11	-0.161	-0.167
8	0.242	0.237	0.124	0.116	0.053	0.017	-0.031	-0.073	-0.124	-0.132
10	0.308	0.291	0.177	0.165	0.086	0.051	0.002	-0.039	-0.09	-0.1
12	0.371	0.342	0.228	0.209	0.116	0.081	0.032	-0.008	-0.059	-0.07
14	0.419	0.39	0.275	0.245	0.143	0.107	0.06	0.019	-0.031	-0.042
16	0.455	0.436	0.315	0.273	0.166	0.131	0.083	0.043	-0.007	-0.021
18	0.49	0.478	0.346	0.291	0.187	0.152	0.105	0.065	0.016	-0.009
20	0.53	0.513	0.368	0.302	0.204	0.169	0.123	0.083	0.034	-0.004
22	0.575	0.54	0.382	0.306	0.216	0.182	0.136	0.097	0.048	-0.003
24	0.626	0.564	0.39	0.305	0.224	0.191	0.145	0.106	0.059	-0.006
26	0.682	0.584	0.394	0.298	0.228	0.195	0.15	0.112	0.065	-0.013
28	0.736	0.6	0.394	0.288	0.227	0.194	0.15	0.113	0.066	-0.022
30	0.777	0.612	0.392	0.274	0.219	0.186	0.143	0.106	0.06	-0.037
32	0.804	0.617	0.386	0.258	0.202	0.171	0.128	0.092	0.047	-0.057
34	0.817	0.612	0.374	0.237	0.178	0.147	0.105	0.07	0.026	-0.084
36	0.818	0.596	0.354	0.211	0.147	0.116	0.075	0.041	-0.002	-0.117
38	0.806	0.57	0.325	0.179	0.108	0.079	0.039	0.005	-0.037	-0.157
40	0.78	0.533	0.288	0.14	0.063	0.035	-0.004	-0.038	-0.079	-0.202
42	0.742	0.487	0.242	0.093	0.012	-0.017	-0.054	-0.087	-0.127	-0.253

44	0.694	0.432	0.189	0.04	-0.047	-0.074	-0.111	-0.143	-0.181	-0.309
46	0.637	0.371	0.13	-0.019	-0.111	-0.138	-0.174	-0.204	-0.241	-0.371
48	0.572	0.303	0.065	-0.083	-0.182	-0.207	-0.242	-0.271	-0.307	-0.437
50	0.501	0.229	-0.004	-0.151	-0.257	-0.281	-0.315	-0.343	-0.378	-0.507
52	0.425	0.151	-0.077	-0.223	-0.336	-0.359	-0.391	-0.419	-0.453	-0.58
54	0.343	0.068	-0.155	-0.298	-0.418	-0.441	-0.472	-0.498	-0.53	-0.657
56	0.257	-0.019	-0.235	-0.376	-0.503	-0.525	-0.554	-0.58	-0.611	-0.736
58	0.168	-0.108	-0.318	-0.456	-0.591	-0.611	-0.64	-0.664	-0.693	-0.817
60	0.075	-0.2	-0.404	-0.538	-0.68	-0.7	-0.727	-0.749	-0.777	-0.899
62	-0.021	-0.295	-0.491	-0.621	-0.771	-0.789	-0.815	-0.836	-0.863	-0.982
64	-0.118	-0.391	-0.579	-0.705	-0.863	-0.88	-0.904	-0.924	-0.949	-1.066
66	-0.218	-0.488	-0.668	-0.791	-0.955	-0.972	-0.994	-1.013	-1.036	-1.15
68	-0.319	-0.586	-0.758	-0.877	-1.048	-1.063	-1.084	-1.102	-1.124	-1.234
70	-0.421	-0.685	-0.848	-0.963	-1.141	-1.155	-1.174	-1.191	-1.211	-1.319



Gambar V.31. Resume grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2

Gambar V.31 menunjukan resume grafik stabilitas KM. Meratus Banjar 2 dapat dilihat sudut heelnya dan lengan GZnya. Sebagai contoh pada grafik stabilitas series1 bisa dilihat bahwa KM. Meratus Banjar 2 memiliki GZ max masih positif dengan nilai GZ max sebesar 0.815 m pada sudut heeling 36^0 dan sampai pada akhirnya kejadian kronologi 10 yang

menunjukan KM. Meratus Banjar 2 sudah tidak memiliki momen pengembali, yang dapat dilihat dari grafik stabilitas di atas dimana diketahui bahwa GZ max mendekati nol (*negative*) dengan nilai GZ sebesar -0.0004 m pada sudut heeling 22^0.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 1)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 2)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 1)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 3)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 4)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 5)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 6)
- Load case KM. Meratus Banjar 2& hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 7)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 8)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 9)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 10)

Equilibrium Calculation - (kronologi 1)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 31 Agustus 2015, Pukul 11.21

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0	1195.111	0.000			-76.078	0.000	4.795	0.000	User Specified
Wing Hold 2,3 P	0%	278.339	0.000	271.550	0.000	56.426	-8.756	6.600	0.000	Actual
Wing Hold 2,3 S	0%	278.339	0.000	271.550	0.000	56.426	8.756	6.600	0.000	Actual
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.474	Actual
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.474	Actual
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	378.166	Actual
WB SIDE TK. NO.14 S	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.15 P	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	-4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	-8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	8.760	2.480	14.577	Actual
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	-8.760	2.480	14.577	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	98%	147.315	144.369	143.722	140.847	56.901	8.760	3.974	0.000	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	0%	147.315	0.000	143.722	0.000	56.901	-8.760	1.450	0.000	Actual
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Actual
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Actual

Engine Room	0%	1666.692	0.000	1666.692	0.000	16.434	0.000	0.000	0.000	Actual
Cargo Hold 3	0%	1154.838	0.000	1154.838	0.000	35.840	0.000	1.450	0.000	Actual
Cargo Hold 2	0%	2117.328	0.000	2117.328	0.000	70.573	0.000	1.450	0.000	Actual
Cargo Hold 1	0%	617.223	0.000	617.223	0.000	99.010	0.000	1.450	0.000	Actual
Total Loadcase			11259.087	9677.565	1556.481	59.059	-0.006	6.994	1905.880	
FS correction								0.169		
VCG fluid								7.163		

Draft Amidships m	6.421
Displacement t	11259
Heel deg	0.0
Draft at FP m	5.946
Draft at AP m	6.895
Draft at LCF m	6.455
Trim (+ve by stern) m	0.949
WL Length m	125.270
Beam max extents on WL m	19.800
Wetted Area m^2	3190.240
Waterpl. Area m^2	2094.424
Prismatic coeff. (Cp)	0.682
Block coeff. (Cb)	0.643
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.989
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.844
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	59.028
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	54.833
KB m	3.477
KG fluid m	7.163
BMt m	5.427
BML m	189.021
GMt corrected m	1.741
GML m	185.334
KMt m	8.904
KML m	192.492
Immersion (TPc) tonne/cm	21.468
MTc tonne.m	176.332
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	342.062
Max deck inclination deg	0.4595
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4595

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		1.541
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		1.617

Equilibrium Calculation - (kronologi 2)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 01 September 2015, Pukul 12.30

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.4	1195.111	478.044			-76.078	0.000	4.795	4063.619	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.474	Actual
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.474	Actual
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	378.166	Actual
WB SIDE TK. NO.14 S	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.15 P	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	-4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	-8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	8.760	2.480	14.577	Actual
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	-8.760	2.480	14.577	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	98%	147.315	144.369	143.722	140.847	56.901	8.760	3.974	0.000	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	0%	147.315	0.000	143.722	0.000	56.901	-8.760	1.450	0.000	Actual
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Actual
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Actual
Total Loadcase			11737.132	3578.383	1556.481	53.555	-0.006	6.904	5969.499	
FS correction								0.509		
VCG fluid								7.413		

Draft Amidships m	6.488
Displacement t	11737
Heel deg	0.0
Draft at FP m	4.352
Draft at AP m	8.625
Draft at LCF m	6.718
Trim (+ve by stern) m	4.273
WL Length m	127.155
Beam max extents on WL m	19.800
Wetted Area m^2	3239.627
Waterpl. Area m^2	2164.130
Prismatic coeff. (Cp)	0.638
Block coeff. (Cb)	0.541
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.979
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.860
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	53.433
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	52.820
KB m	3.724
KG fluid m	7.413
BMt m	5.494
BML m	199.357
GMt corrected m	1.803
GML m	195.666
KMt m	9.214
KML m	202.951
Immersion (TPc) tonne/cm	22.182
MTc tonne.m	194.066
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	369.272
Max deck inclination deg	2.0681
Trim angle (+ve by stern) deg	2.0681

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		0.534
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		0.61

Equilibrium Calculation - (kronologi 3)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 01 September 2015, Pukul 13.42

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.6	1195.111	717.067			-76.078	0.000	4.795	6095.428	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.474	Actual
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.474	Actual
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	378.166	Actual
WB SIDE TK. NO.14 S	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.15 P	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	-4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	-8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	8.760	2.480	14.577	Actual
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	-8.760	2.480	14.577	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	8.760	2.712	12.392	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	-8.760	2.712	12.392	Actual
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Actual
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Actual
Total Loadcase			11976.154	3578.383	1556.481	50.968	-0.112	6.847	8026.092	
FS correction								0.670		
VCG fluid								7.517		

Draft Amidships m	6.506
Displacement t	11976
Heel deg	-3.6
Draft at FP m	3.578
Draft at AP m	9.434
Draft at LCF m	6.841
Trim (+ve by stern) m	5.856
WL Length m	127.503
Beam max extents on WL m	19.839
Wetted Area m^2	3272.708
Waterpl. Area m^2	2152.486
Prismatic coeff. (Cp)	0.621
Block coeff. (Cb)	0.508
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.939
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.851
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	50.796
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	52.395
KB m	3.907
KG fluid m	7.517
BMt m	5.312
BML m	196.702
GMt corrected m	1.691
GML m	193.081
KMt m	9.202
KML m	199.979
Immersion (TPc) tonne/cm	22.063
MTc tonne.m	195.402
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	353.390
Max deck inclination deg	4.5876
Trim angle (+ve by stern) deg	2.8329

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-0.553
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-0.478

Equilibrium Calculation - (kronologi 4)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 01 September 2015, Pukul 17.08

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1195.111	896.333			-76.078	0.000	4.795	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Actual
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.006	Actual
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Actual
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.474	Actual
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.474	Actual
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	378.166	Actual
WB SIDE TK. NO.14 S	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.15 P	80%	116.134	92.907	113.302	90.641	99.926	-4.948	3.117	80.839	Actual
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	-8.548	2.738	9.723	Actual
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	8.760	2.480	14.577	Actual
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	-8.760	2.480	14.577	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	48%	147.315	70.711	143.722	68.986	56.901	8.760	2.686	12.392	Actual
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	48%	147.315	70.711	143.722	68.986	56.901	-8.760	2.686	12.392	Actual
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Actual
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Actual
Total Loadcase			12152.474	3578.383	1553.606	49.092	-0.110	6.817	9549.949	
FS correction								0.786		
VCG fluid								7.603		

Draft Amidships m	6.516
Displacement t	12152
Heel deg	-3.9
Draft at FP m	2.995
Draft at AP m	10.037
Draft at LCF m	6.945
Trim (+ve by stern) m	7.041
WL Length m	127.521
Beam max extents on WL m	19.845
Wetted Area m^2	3289.471
Waterpl. Area m^2	2142.182
Prismatic coeff. (Cp)	0.612
Block coeff. (Cb)	0.488
Max Sect. area coeff. (Cm)	1.065
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.846
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	48.883
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	51.966
KB m	4.057
KG fluid m	7.603
BMt m	5.188
BML m	193.890
GMt corrected m	1.627
GML m	190.330
KMt m	9.224
KML m	197.169
Immersion (TPc) tonne/cm	21.957
MTc tonne.m	195.454
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	345.117
Max deck inclination deg	5.1373
Trim angle (+ve by stern) deg	3.4052

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-0.938
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-0.862

Equilibrium Calculation - (kronologi 5)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 01 September 2015, Pukul 19.00

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1666.692	1250.019			15.347	0.000	6.985	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.795	Maximum
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.795	Maximum
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	396.802	Maximum
WB SIDE TK. NO.14 S	70%	116.134	81.294	113.302	79.311	99.956	4.896	2.948	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.15 P	90%	116.134	104.521	113.302	101.972	99.900	-4.997	3.281	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.16 S	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	8.548	2.738	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.17 P	40%	129.879	51.951	126.711	50.684	82.682	-8.548	2.738	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	8.760	2.480	14.577	Maximum
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	-8.760	2.480	14.577	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	8.760	2.712	12.392	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	-8.760	2.712	12.392	Maximum
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Maximum
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Maximum
Total Loadcase			12509.106	3578.383	1556.481	54.691	-0.117	7.001	9598.321	
FS correction								0.767		
VCG fluid								7.768		

Draft Amidships m	6.872
Displacement t	12510
Heel deg	-5.0
Draft at FP m	5.111
Draft at AP m	8.633
Draft at LCF m	7.042
Trim (+ve by stern) m	3.522
WL Length m	127.221
Beam max extents on WL m	19.876
Wetted Area m^2	3364.865
Waterpl. Area m^2	2147.417
Prismatic coeff. (Cp)	0.657
Block coeff. (Cb)	0.573
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.957
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.849
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.579
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.462
KB m	3.900
KG fluid m	7.768
BMt m	5.057
BML m	186.819
GMt corrected m	1.173
GML m	182.934
KMt m	8.935
KML m	189.926
Immersion (TPc) tonne/cm	22.011
MTc tonne.m	193.382
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	256.072
Max deck inclination deg	5.2799
Trim angle (+ve by stern) deg	1.7049

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-0.501
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-0.425

Equilibrium Calculation - (kronologi 6)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 01 September 2015, Pukul 21.00

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1666.692	1250.019			15.347	0.000	6.985	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.795	Maximum
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.795	Maximum
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	396.802	Maximum
WB SIDE TK. NO.14 S	70%	116.134	81.294	113.302	79.311	99.956	4.896	2.948	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.15 P	90%	116.134	104.521	113.302	101.972	99.900	-4.997	3.281	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.16 S	20%	129.879	25.976	126.711	25.342	82.323	8.501	2.152	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.17 P	60%	129.879	77.927	126.711	76.027	82.922	-8.584	3.269	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.18 S	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	8.760	2.480	14.577	Maximum
WB SIDE TK. NO.19 P	40%	173.288	69.315	169.062	67.625	70.220	-8.760	2.480	14.577	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	8.760	2.712	12.392	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	-8.760	2.712	12.392	Maximum
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Maximum
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Maximum
Total Loadcase			12509.106	3578.383	1556.481	54.692	-0.153	7.003	9598.321	
FS correction								0.767		
VCG fluid								7.770		

Draft Amidships m	6.872
Displacement t	12509
Heel deg	-7.4
Draft at FP m	5.108
Draft at AP m	8.637
Draft at LCF m	7.035
Trim (+ve by stern) m	3.529
WL Length m	127.329
Beam max extents on WL m	19.964
Wetted Area m^2	3388.674
Waterpl. Area m^2	2125.837
Prismatic coeff. (Cp)	0.660
Block coeff. (Cb)	0.571
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.994
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.836
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.575
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.690
KB m	3.922
KG fluid m	7.770
BMt m	4.932
BML m	186.741
GMt corrected m	1.049
GML m	182.858
KMt m	8.810
KML m	189.046
Immersion (TPc) tonne/cm	21.790
MTc tonne.m	193.291
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	228.958
Max deck inclination deg	7.5450
Trim angle (+ve by stern) deg	1.7082

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-0.909
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-0.833

Equilibrium Calculation - (kronologi 7)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 01 September 2015, Pukul 23.00

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1666.692	1250.019			15.347	0.000	6.985	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.116	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.795	Maximum
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.795	Maximum
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	396.802	Maximum
WB SIDE TK. NO.14 S	70%	116.134	81.294	113.302	79.311	99.956	4.896	2.948	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.15 P	90%	116.134	104.521	113.302	101.972	99.900	-4.997	3.281	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.16 S	20%	129.879	25.976	126.711	25.342	82.323	8.501	2.152	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.17 P	60%	129.879	77.927	126.711	76.027	82.922	-8.584	3.269	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.18 S	20%	173.288	34.658	169.062	33.812	70.219	8.760	1.965	14.577	Maximum
WB SIDE TK. NO.19 P	60%	173.288	103.973	169.062	101.437	70.220	-8.760	2.995	14.577	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	8.760	2.712	12.392	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	49%	147.315	72.184	143.722	70.424	56.901	-8.760	2.712	12.392	Maximum
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Maximum
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Maximum
Total Loadcase			12509.106	3578.383	1556.481	54.692	-0.201	7.006	9598.321	
FS correction								0.767		
VCG fluid								7.773		

Draft Amidships m	6.876
Displacement t	12509
Heel deg	-9.8
Draft at FP m	5.112
Draft at AP m	8.640
Draft at LCF m	7.035
Trim (+ve by stern) m	3.528
WL Length m	127.442
Beam max extents on WL m	20.096
Wetted Area m^2	3414.349
Waterpl. Area m^2	2103.722
Prismatic coeff. (Cp)	0.663
Block coeff. (Cb)	0.547
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.946
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.821
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.582
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.814
KB m	3.953
KG fluid m	7.773
BMt m	4.804
BML m	187.087
GMt corrected m	0.926
GML m	183.209
KMt m	8.685
KML m	188.205
Immersion (TPc) tonne/cm	21.563
MTc tonne.m	193.662
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	202.139
Max deck inclination deg	9.9878
Trim angle (+ve by stern) deg	1.7077

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-1.34
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-1.265

Equilibrium Calculation - (kronologi 8)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 02 September 2015, Pukul 01.00

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1666.692	1250.019			15.347	0.000	6.985	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.795	Maximum
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.795	Maximum
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	396.802	Maximum
WB SIDE TK. NO.14 S	70%	116.134	81.294	113.302	79.311	99.956	4.896	2.948	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.15 P	90%	116.134	104.521	113.302	101.972	99.900	-4.997	3.281	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.16 S	20%	129.879	25.976	126.711	25.342	82.323	8.501	2.152	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.17 P	60%	129.879	77.927	126.711	76.027	82.922	-8.584	3.269	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.18 S	20%	173.288	34.658	169.062	33.812	70.219	8.760	1.965	14.577	Maximum
WB SIDE TK. NO.19 P	60%	173.288	103.973	169.062	101.437	70.220	-8.760	2.995	14.577	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	29%	147.315	42.721	143.722	41.679	56.901	8.760	2.197	12.392	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	69%	147.315	101.647	143.722	99.168	56.901	-8.760	3.227	12.392	Maximum
WB SIDE TK. NO.22 S	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	8.759	2.481	15.308	Maximum
WB SIDE TK. NO.23 P	40%	181.941	72.777	177.504	71.001	43.225	-8.759	2.481	15.308	Maximum
Total Loadcase			12509.107	3578.383	1556.481	54.692	-0.242	7.008	9598.321	
FS correction								0.767		
VCG fluid								7.775		

Draft Amidships m	6.883
Displacement t	12509
Heel deg	-12.5
Draft at FP m	5.121
Draft at AP m	8.644
Draft at LCF m	7.044
Trim (+ve by stern) m	3.523
WL Length m	127.563
Beam max extents on WL m	20.281
Wetted Area m^2	3441.035
Waterpl. Area m^2	2083.237
Prismatic coeff. (Cp)	0.667
Block coeff. (Cb)	0.522
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.899
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.805
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.579
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.755
KB m	3.996
KG fluid m	7.775
BMt m	4.693
BML m	187.277
GMt corrected m	0.820
GML m	183.404
KMt m	8.575
KML m	186.750
Immersion (TPc) tonne/cm	21.353
MTc tonne.m	193.868
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	178.982
Max deck inclination deg	12.6174
Trim angle (+ve by stern) deg	1.7052

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-1.8
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-1.726

Equilibrium Calculation - (kronologi 9)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 02 September 2015, Pukul 03.00

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0	236.524	0.000			-55.273	0.000	8.863	0.000	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1666.692	1250.019			15.347	0.000	6.985	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.795	Maximum
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.795	Maximum
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	44.091	41.886	43.015	40.864	5.243	0.000	4.054	396.802	Maximum
WB SIDE TK. NO.14 S	70%	116.134	81.294	113.302	79.311	99.956	4.896	2.948	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.15 P	90%	116.134	104.521	113.302	101.972	99.900	-4.997	3.281	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.16 S	20%	129.879	25.976	126.711	25.342	82.323	8.501	2.152	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.17 P	60%	129.879	77.927	126.711	76.027	82.922	-8.584	3.269	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.18 S	20%	173.288	34.658	169.062	33.812	70.219	8.760	1.965	14.577	Maximum
WB SIDE TK. NO.19 P	60%	173.288	103.973	169.062	101.437	70.220	-8.760	2.995	14.577	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	29%	147.315	42.721	143.722	41.679	56.901	8.760	2.197	12.392	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	69%	147.315	101.647	143.722	99.168	56.901	-8.760	3.227	12.392	Maximum
WB SIDE TK. NO.22 S	20%	181.941	36.388	177.504	35.501	43.229	8.759	1.966	15.308	Maximum
WB SIDE TK. NO.23 P	60%	181.941	109.165	177.504	106.502	43.223	-8.760	2.996	15.308	Maximum
Total Loadcase			12509.107	3578.383	1556.481	54.692	-0.293	7.011	9598.321	
FS correction								0.767		
VCG fluid								7.778		

Draft Amidships m	6.901
Displacement t	12509
Heel deg	-16.2
Draft at FP m	5.162
Draft at AP m	8.640
Draft at LCF m	7.069
Trim (+ve by stern) m	3.479
WL Length m	127.721
Beam max extents on WL m	20.263
Wetted Area m^2	3475.870
Waterpl. Area m^2	2062.163
Prismatic coeff. (Cp)	0.672
Block coeff. (Cb)	0.498
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.838
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.797
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	54.581
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	53.443
KB m	4.069
KG fluid m	7.778
BMt m	4.590
BML m	185.688
GMt corrected m	0.727
GML m	181.825
KMt m	8.475
KML m	182.320
Immersion (TPc) tonne/cm	21.137
MTc tonne.m	192.199
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	158.740
Max deck inclination deg	16.2701
Trim angle (+ve by stern) deg	1.6838

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-2.427
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-2.354

Equilibrium Calculation - (kronologi 10)

Loadcase KM. Meratus Banjar 2 pada tanggal 02 September 2015, Pukul 05.42

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
Lightship	1	3546.801	3546.801			47.917	-0.277	8.220	0.000	User Specified
kontainer	1	5731.030	5731.030			64.408	0.541	13.407	0.000	User Specified
Fuel Oil	1	292.988	292.988			58.285	0.000	3.279	0.000	User Specified
MGO	1	73.526	73.526			28.770	0.000	4.527	0.000	User Specified
ME.LO	1	19.352	19.352			13.905	0.000	6.312	0.000	User Specified
Added Water (Hold 3)	0.2	236.524	47.305			-55.273	0.000	8.863	1042.093	User Specified
Added Water (Engine Room)	0.75	1666.692	1250.019			15.347	0.000	6.985	7619.285	User Specified
FORE PEAK TK. NO.1	0%	379.578	0.000	370.320	0.000	111.420	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DEEP TK.1	0%	361.118	0.000	352.310	0.000	107.282	0.000	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.3 P	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	-0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.4 S	0%	100.683	0.000	98.227	0.000	97.875	0.365	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.5 P	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	-0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.6 S	0%	152.690	0.000	148.966	0.000	83.100	0.923	0.000	0.000	Maximum
WB DB. TK NO.7 P	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	-7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.8 S	95%	178.017	169.117	173.675	164.992	64.042	7.317	0.722	257.251	Maximum
WB DB. TK NO.9 P	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	-2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.10 S	95%	178.675	169.741	174.317	165.601	62.661	2.530	0.689	262.930	Maximum
WB DB. TK NO.11 P	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	-7.280	0.744	123.795	Maximum
WB DB. TK NO.12 S	95%	82.906	78.761	80.884	76.840	42.351	7.280	0.744	123.795	Maximum
AFT PEAK TK. NO.13 S	95%	195.447	185.675	190.680	181.146	1.582	0.000	8.603	155.804	IMO A.749(18)
WB SIDE TK. NO.14 S	30%	116.134	34.840	113.302	33.991	100.164	4.621	2.191	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.15 P	50%	116.134	58.067	113.302	56.651	100.035	-4.776	2.588	92.381	Maximum
WB SIDE TK. NO.16 S	20%	129.879	25.976	126.711	25.342	82.323	8.501	2.152	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.17 P	60%	129.879	77.927	126.711	76.027	82.922	-8.584	3.269	12.484	Maximum
WB SIDE TK. NO.18 S	20%	173.288	34.658	169.062	33.812	70.219	8.760	1.965	14.577	Maximum
WB SIDE TK. NO.19 P	60%	173.288	103.973	169.062	101.437	70.220	-8.760	2.995	14.577	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO20 S	20%	147.315	29.463	143.722	28.744	56.901	8.760	1.965	12.392	Maximum
WB HEELING SIDE TK. NO21 P	60%	147.315	88.389	143.722	86.233	56.901	-8.760	2.995	12.392	Maximum
WB SIDE TK. NO.22 S	55%	181.941	100.068	177.504	97.627	43.224	8.759	2.867	15.308	Maximum
WB SIDE TK. NO.23 P	95%	181.941	172.844	177.504	168.629	43.222	-8.760	3.897	15.308	Maximum
Total Loadcase			12708.135	3726.048	1704.503	53.220	-0.288	7.055	10399.417	
FS correction								0.818		
VCG fluid								7.873		

Draft Amidships m	6.965
Displacement t	12708
Heel deg	-17.6
Draft at FP m	4.715
Draft at AP m	9.215
Draft at LCF m	7.143
Trim (+ve by stern) m	4.501
WL Length m	127.875
Beam max extents on WL m	19.822
Wetted Area m^2	3537.278
Waterpl. Area m^2	2016.641
Prismatic coeff. (Cp)	0.664
Block coeff. (Cb)	0.497
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.821
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.796
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	53.083
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	54.505
KB m	4.196
KG fluid m	7.873
BMt m	4.144
BML m	174.567
GMt corrected m	0.287
GML m	170.710
KMt m	8.144
KML m	170.512
Immersion (TPc) tonne/cm	20.671
MTc tonne.m	183.321
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	63.748
Max deck inclination deg	17.6854
Trim angle (+ve by stern) deg	2.1780

Key point	**Type**	**Freeboard m**
Margin Line (freeboard pos = 25.761 m)		-2.992
Deck Edge (freeboard pos = 25.761 m)		-2.92

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis teknis terhadap informasi dan data yang ada, dapat disimpulkan bahwa:

- Terjadinya kecelakaan laut tenggelamnya KM. Meratus Banjar 2 di Perairan Masalembo pada tanggal 02 September 2015 yaitu awalnya terjadi kebocoran pada lubang *seachest* di kamar mesin sisi *portside*. Selang beberapa jam kapal mengalami penambahan air di kamar mesin mengakibatkan mesin induk mati dan mesin pompa mati, sehingga kapal semangkin *heel* di sisi *portside* dan menyebabkan mengalirnya air balas pada tangki-tangki balas di sisi *starboard* ke tangki-tangki balas sisi *portside*. Dengan menglirnya isi tangki disebelah *starboard* ke *portside* menyebabkan *trim heel* kapal semakin bertambah, begitu pula volume air yang masuk ke ruang mesin, karena *trim* -nya besar air masuk ke ruang muat. Adanya permukaan bebas di ruang mesin dan ruang muat menyebabkan kapal menjadi labil kemudian *capsize*. Selanjutnya KM. Meratus Banjar 2 tenggelam dikarenakan akibat penambahan air di kamar mesin dan ruan muat menjadikan berat kapal lebih besar dari pada *displacement* kapal.
- Saat air masuk dibagian kamar mesin mencapai 75% pada bagian *portside* dan bertambahnya *ballast water* pada *side tank* no. 22 dan no. 23 sisi *portside*, serta masuknya air ke ruang muat 3 (*cargo hold 3*) dikarenakan *trim* pada kapal terlalu besar. Pada saat itu KM. Meratus Banjar 2 mengalami *capsize* dan selanjutnya tenggelam, hal ini juga bisa dilihat dari kurva stabilitas dengan melihat nilai GZ pada saat itu, dimana GZ maks berada di bawah nol / bernilai negatif.
- Kondisi Stabilitas KM. Meratus Banjar 2 pada saat kejadian:
    - Saat kapal berangkat, GZ max berada di sudut *heeling* 36^0 sebesar 0.815 m
    - Saat terjadi kebocoran di bagian kamar mesin, GZ max berada di sudut *heeling* 32^0 sebesar 0.545 m
    - Saat berpindahnya isi tangki-tangki balas sisi *starboard* ke sisi *pordside*, GZ max berada di sudut *heeling* 26^0 sebesar 0.112 m

- Saat terjadi *capsize* dikarnakan *trim* pada kapal semakin besar sehingga air masuk ke dalam ruang muat 3 dan kapal tidak memiliki momen pengembali. GZ max berada di sudut *heeling* 22^0 sebesar -0.0004 m

VI.2. Saran

- Untuk menghindari masuknya air laut melalui bocornya lambung bagian kamar mesin KM. meratus banjar 2 dan sebelum memutuskan untuk berolah gerak, sebaiknya terlebih dahulu dilakukan perbaikan sementara (*temporary repair*) berupa penutupan lambung yang bocor.
- Sebelum mengambil tugas akhir tentang stabilitas kapal harus memahami konsep dasar stabilitas dan *sofeware-sofeware* yang yang menganalisa stabilitas kapal.

DAFTAR PUSTAKA

Adityawarman. (2012, Maret 7). *Transportasi Laut Miliki Peran Penting dalam Pembangunan Nasional*. Retrieved from Antaranews: http://www.antaranews.com/berita/300200/transportasi-laut-miliki-peran-penting-dalam-pembangunan-nasional.

Andrianto, P. (1988). *Teknik Bangunan Kapal I*. Fakultas Teknologi Kelautan – ITS, Surabaya.

Anonim. (2015,5). *Misteri Segitiga Masalembo Segitiga Bermudanya Indonesia* Retrieved from Aneh Tapi Nyata: http://www.anehtapinyata.net/2015/05/misteri-segitiga-masalembo-segitiga.html.

Biran, A. B. (2003). *Ship Hydrostatics and Stability*, Butterworth-Heinemann.

Edwaed V. Lewis, Ed. (1988). *Second Revision, Vol. I, Stability and Strength*, Principle of Naval Architecture Jersey City, NJ.

Heere, IR. R. F Schelman. (1989). *Bouyancy and Stability of Ship*, George G. Harrap and Co. Ltd, London.

Nickum, G. C. (1988), *Subdivision and Damage Stability*. Principle of Naval Architecture Second Revision. E. V. Lewis. Jersey City, SNAME.

Rawson, K. J. dan Tupper, E. C. (2001). *Basic Ship Theory, Fifth Edition Voleme 1*, Butterworth-Heinemann.

Rawson, K. J. dan Tupper, E. C. (1983). *Basic Ship Theory*, *Chapter 5 Hazards and Protection*, Longman, London.

Robertson, James B. JR. (1975). *Watertight Subdivision and Stability in Fooded Condition*, Principles of Naval Architecture.

Rubiantoro, F (1996). *Hidrodinamika dan Stabilitas Kapal*. Rafika Aditama, Bandung.

Semyonov-Tan-Shansky. V (1963). *Statics and Dynamics of The Ship*, Peace Publisher, Moscow.

Sutardjo, A. Wiramihadja. (2012). *Transportasi Laut dan Ekonomi Nasional.* Rafika Aditama, Bandung.

Vossnack, E and Boonstra, H. (1992). *Integration of Damage Stability Improvement in The Design of Ro-Ro Vessels*, Marine Safety and Environment/Ship Protection, Delft

Wakidjo, P. (1972). *Stabilitas Kapal Jilid II.* Penuntun dalam Menyelesaikan Masalah.

zamzam, S. (2014, 4 15). *Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut dan Pengaruh Faktor Human Error Pada Kecelakaan Laut Tahun 2003 – 2008*. Retrieved from Pelita Kehidupanku: http://suryatizamzam.blogspot.co.id/2014/04/analisis-trend-kecelakaan-transportasi.html

LAMPIRAN

- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 1)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 2)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 1)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 3)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 4)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 5)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 6)
- Load case KM. Meratus Banjar 2& hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 7)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 8)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 9)
- Load case KM. Meratus Banjar 2 & hasil *running* Maxsurf Stability (kronologi 10)

BIODATA PENULIS

Andi Kusuma. Lahir di Surabaya pada November 1993. Sejak tahun 2012 sampai sekarang, ia menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Pekapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Sebelum menempuh pendidikan tinggi, penulis terlebih dahulu menempuh pendidikan di TK AL' Manar. Kemudian lanjut pendidikan dasar di SDN Benowo 1 PADA TAHUN 2000-2006, setelah itu penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 14 Surabaya pada tahun 2006-2009 dan pendidikan SMA 12 Surabaya pada tahun 2009-2012.

Semasa kuliah, penulis aktif di berbagai organisasi diantaranya sebagai Pengurus Inti UKM Bulutangkis ITS (ITS *Badminton Community*) periode 2014-2015, Staf Hubungan Luar Lembaga Minat daN Bakat (LMB) ITS periode 2013-2014, Anggota UKM *Maritim Challenge* ITS. Selama itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan kegiatan kampus, diawali sebagai panitia SAMPAN ITS (Semarak Mahasiswa Perkapalan ITS) tahun 2012, Kordinator Lapangan pada kejuaraan bulutankis antar Universitas (ITS OPEN) tahun 2013. Penulis juga aktif mengikuti beberapa pelatihan diantaranya Pelatihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM pra TD) pada tahun 2012, Pelatihan Pengoprasian Maxsurf tahun 2014, dan beberapa pelatihan lainnya.