

633.2.081

2/TP/1980/013

**SUATU STUDI PENDAHULUAN TENTANG STABILITAS
KAPAL IKAN**

KARYA ILMIAH

INSTITUT PERTANIAN BOGOR	
PROFESOR	1980
DOSEN	1980
MAHASISWA	1980
GRADUAN	1980

oleh
ALIFSYAH BAMBANG SUTEJO
C 13.170



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS PERIKANAN
1 9 8 0

SUATU STUDI PENDAHULUAN TENTANG STABILITAS
KAPAL IKAN

KARYA ILMIAH

Dalam Bidang Keahlian

TEKNIK DAN MANAJEMEN PENANGKAPAN IKAN

oleh

ALIFSYAH BAMBANG SUTRJO

C 13.170

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

FAKULTAS PERIKANAN

1980



SUATU STUDI PENDAHULUAN TENTANG STABILITAS
KAPAL IKAN

KARYA ILMIAH

Sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada
Fakultas Perikanan
Institut Pertanian Bogor

oleh

ALIFSYAH BAMBANG SUTEJO

C 13.170

Mengetahui :

Panitia Ujian,

SANTOSO RAHARJO, Ketua

Menyetujui :

Dosen Pembimbing,

AYODHYA, Ketua

KUSMAN MANGUNSUKARTO, Anggota

17 Mei 1980
Tanggal lulus

RINGKASAN

ALIFSYAH BAMBANG SUTEJO. SUATU STUDI PENDAHULUAN TENTANG STABILITAS KAPAL IKAN. (Dibimbing oleh AYODHYOA dan KUSMAN MANGUNSUKARTO).

Kapal ikan berbeda dengan kapal-kapal lainnya, keistimewaan pokok yang dimiliki terutama pada kecepatan, olah gerak yang baik, layak laut, jangkauan pelayaran yang jauh, konstruksi kapal kuat, propulsi enjinnya cukup kuat, memiliki perlengkapan pengolahan dan pengawetan ikan, serta memiliki perlengkapan penangkapan.

Operasi penangkapan kadang-kadang harus menuju ke fishing ground yang berbahaya karena cuaca buruk, untuk menjamin berlangsungnya operasi dalam kondisi demikian dibutuhkan stabilitas yang cukup.

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal yang menyimpang dari posisi keseimbangan karena bekerjanya gaya-gaya eksternal, untuk kembali lagi ke posisi semula bila gaya-gaya tersebut berhenti.

Syarat agar kapal mengapung pada posisi keseimbangan tegak adalah :

- 1) Gaya apung besarnya sama dengan gaya berat kapal.
- 2) Titik pusat gaya apung terletak pada garis vertikal yang sama dengan titik pusat gaya berat kapal.



Stabilitas kapal terdiri dari stabilitas static dan stabilitas dinamis. Stabilitas awal dan stabilitas sudut besar merupakan bagian dari stabilitas static.

Trim adalah perbedaan antara draft pada buritan dan haluan kapal, trim ini merupakan kemiringan longitudinal.

Kapal penangkapan yang berlayar ke atau kembali dari fishing ground setiap saat akan mengalami kemiringan yang disebabkan bekerjanya gaya-gaya eksternal. Gaya-gaya ini umumnya mengurangi momen penegak. Agar kapal dapat tegak kembali, momen penegak harus mempunyai nilai yang lebih besar dari nilai momen kemiringan.

Gaya-gaya eksternal ini terjadi karena pemindahan barang, perubahan muatan, turning circle yang sering dialami oleh purse seiner dan kapal penangkap ikan paus, permukaan bebas zat cair, tekanan angin dan gelombang.

Untuk menjamin keselamatan kapal ikan, bermacam-macam usaha penelitian telah diusahakan, sehingga timbul berbagai bentuk standard atau kriteria stabilitas kapal.

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Allah Subhanahu Wataala, tulisan ini berhasil disusun sebagai suatu Karya Ilmiah dalam Bidang Keahlian Tehnik dan Manajemen Penangkapan Ikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.

Penyusunan tulisan ini dilakukan berdasarkan studi pustaka yang ditunjang dengan Praktek Ketrampilan Lapang selama dua bulan, mulai tanggal 5 September 1979 sampai dengan 5 November 1979 di C V Bina Kapal Ikan Tegal dan Sungailiat-Bangka.

Ucapan terima kasih yang setulusnya penulis sampaikan kepada Bapak AYODHYOA M. Sc. dan Bapak Ir KUSMAN MANGUNSUKARTO M. Sc. atas bimbingan dan petunjuk-petunjuk yang telah diberikan dalam penyusunan tulisan ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada Bapak SOEWARNO YOGAWISASTRO, Ir HAMIM dan kepada semua pihak yang telah membantu mulai dari saat persiapan hingga selesainya tulisan ini.

Penulis sadar sepenuhnya bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, namun diharapkan hasil penulisan ini dapat diambil manfaatnya bagi yang memerlukannya.

Bogor, Mei 1980

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
3 METODE DAN BAHAN	10
3.1 Metode	10
3.2 Bahan	10
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Coefficient of Fineness	11
4.2 Principle Dimension	15
4.3 Gaya Apung Dan Gaya Berat	19
4.3.1 Sistim Kordinat Kapal	19
4.3.2 Displacement Kapal	20
4.3.3 Kordinat Gaya Apung	23
4.3.4 Gaya Berat Dan Kordinatnya	24
4.4 Stabilitas Awal	25
4.4.1 Lengan Dan Momen Penegak	26
4.4.2 Tinggi Metacenter Dan Radius Metacenter	28



	Halaman
4.4.3 Tinggi Metacenter Negatif	31
4.4.4 Syarat-syarat Kapal Mencapai Keseimbangan	31
4.4.5 Test Kemiringan	32
4.5 Trim	36
4.5.1 Tonnes Per Centimetre Immersion	37
4.5.2 Momen Perubahan Trim Satu Sentimeter (MCT-1 cm)	38
4.6 Stabilitas Sudut Besar	41
4.6.1 Tinggi Metacenter Transversal	41
4.6.2 Lengan Penegak Dan Tinggi Meta- center	43
4.6.3 Lengan Stabilitas Dinamis	45
4.7 Diagram Stabilitas Statis Dan Dinamis	48
4.8 Penggunaan Diagram Stabilitas Statis Dan Stabilitas Dinamis	52
4.9 Gaya-gaya Penyebab Kemiringan	60
4.9.1 Pemindahan Cargo atau Benda-benda Yang Ada Di Kapal	60
4.9.2 Penambahan atau Pengurangan Berat Benda Di Kapal	62
4.9.3 Gaya Sentrifugal Pada Saat Turning..	63
4.9.4 Pengaruh Permukaan Bebas Zat Cair ..	65
4.9.5 Tekanan Angin	67

Malaman

4.9.6 Pengaruh Gelombang	69
4.10 Kriteria Stabilitas	71
5 KESIMPULAN	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN-LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Proyeksi konsumsi ikan di Indonesia dalam PELITA III	3
2 Jumlah kapal penangkapan ikan dari modal PMA dan PMDN tahun 1976	4
3 Jumlah perusahaan Pemerintah, jumlah kapal penangkapan, ukuran dan alat penangkap	4
4 Coefficient of Fineness dari beberapa kapal ikan	14
5 Nilai-nilai L/B, L/D dan E/D dari berbagai jenis kapal ikan	18
6 Turning ability dari Purse seiner	63

1. Tujuan: meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya konservasi sumber daya alam dan lingkungan hidup.
2. Sasaran: masyarakat umum.
3. Manfaat: meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang konservasi sumber daya alam dan lingkungan hidup.
4. Kegiatan: penyuluhan, kampanye, pembuatan brosur, pembuatan poster, pembuatan video, pembuatan audio, pembuatan CD/DVD.
5. Waktu: 1 bulan.
6. Lokasi: di lingkungan masyarakat.

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Block Coefficient	11
2 Prismatic Coefficient	12
3 Midship Coefficient	12
4 Waterplane Coefficient	13
5 Ukuran panjang kapal	15
6 Ukuran lebar kapal	16
7 Ukuran depth, draft dan freeboard	16
8 Sistim sumbu kordinat pada kapal	19
9 Bentuk waterplane (S), bidang irisan melintang (w) dan bidang irisan longitudinal (F) ...	20
10 Lengan penegak dan momen penegak transversal ..	27
11 Lengan dan momen penegak longitudinal	27
12 Perubahan tinggi metacenter	28
13 Posisi G terletak segaris vertikal dengan posisi B pada bidang transversal	32
14 Test Kemiringan	33
15 Trim dan Centre of floatation	36
16 Tonnes per Centimetre immersion	37
17. Perubahan titik G dan titik B bila terjadi trim	38
18 Hubungan antara kordinat metacenter dan radius metacenter pada saat kapal miring	42
19 Kapal yang mengalami kemiringan sudut besar ...	44

	Halaman
20	Komponen-komponen pembentuk lengan penegak 44
21	Komponen-komponen pembentuk lengan stabilitas dinamis 46
22	Diagram stabilitas statis dan stabilitas dinamis 49
23	Menentukan tinggi metacenter berdasarkan kurva stabilitas statis 49
24	Menentukan lengan penegak berdasarkan kurva stabilitas dinamis 50
25	Tiga bentuk kurva stabilitas statis 51
26	Hubungan antara momen kemiringan dan momen penegak 52
27	Kurva momen kemiringan konstan dan kurva momen penegak 55
28	Besarnya momen pemindahan transversal ditambah momen kemiringan angin 56
29	Besarnya momen pemindahan transversal berlawanan dengan momen kemiringan angin 56
30	Kurva stabilitas dinamis 57
31	Menentukan momen kemiringan dengan kurva stabilitas dinamis 57
32	Momen pemindahan benda transversal dan momen kemiringan angin yang searah, pada kurva stabilitas dinamis 58

Halaman

33	Momen pemindahan benda transversal dan momen kemiringan angin yang arahnya berlawanan, pada kurva stabilitas dinamis	59
34	Perubahan lengan penegak karena titik G berpindah ke titik G_1	61
35	Kemiringan pada saat turning	64
36	Permukaan bebas cairan dalam tangki di kapal ..	65
37	Tekanan angin terhadap kapal	68
38	Momen penegak yang diukur dari model test	72
39	Kriteria stabilitas untuk kapal Jepang yang diusulkan TAKAGI	73
40	Kurva-kurva KG_s dan KG_o untuk berbagai displacement	74
41	Data stabilitas statis dan stabilitas dinamis dari beberapa kapal ikan	76

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Rumus trapezoidal	82
2 Principal items dari Purse Seiner type Jepang	84
3 Principal items dari Purse Seiner type Amerika	85
4 Principal items dari small and medium Bottom Trawler untuk two boats system	86
5 Principal items dari small and medium Trawler untuk one boat system	87
6 Principal items dari Skipjack and Tuna Fishing Boats untuk klas <300 GT	88
7 Principal items dari Tuna Longliner klas >300 GT	89
8 Kurva Hidrostatic	90
9 Stabilitas dan Trim dari kapal Heinrich Heine	91
10 Stabilitas dan trim dari kapal Sagitta	92

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang terletak di daerah tropis, mempunyai wilayah berupa perairan yang meliputi tiga perempat bagian dari seluruh luasnya. Perairan ini mengandung banyak jumlah jenis ikan, tetapi jumlah individu ikan tiap jenisnya sedikit.

Menurut penelitian Direktorat Jenderal Perikanan perkiraan potensi perikanan laut di Indonesia berjumlah 3.561.400 ton, terdiri dari 1.791.000 ton ikan demersal dan 1.769.400 ton ikan pelagis. Hasil produksi perikanan laut yang sudah dimanfaatkan pada tahun 1975 baru mencapai 944.000 ton atau sekitar dua puluh enam persen dari potensi yang dapat dimanfaatkan (ANONYMOUS, 1976).

Dalam PELITA III tingkat konsumsi ikan akan dinaikkan rata-rata 5,5 % pertahun, sedang konsumsi perkapita meningkat menjadi 3,4 % per-tahun, yaitu dari nilai 11,54 Kg pada tahun 1979 menjadi 13,21 Kg (tabel 1) pada tahun 1980 (ANONYMOUS, 1978).

Untuk mencapai peningkatan produksi ikan yang di targetkan tersebut, membutuhkan sarana-sarana yang cukup memadai. Salah satu sarana pokok yang penting dalam usaha ini adalah pengembangan armada penangkapan ikan. Jenis-jenis armada penangkapan ikan yang banyak

HANSON, H. C. (1955) menjelaskan bahwa banyak kapal Tuna yang tenggelam dalam cuaca kurang baik beberapa tahun belakangan ini, masalahnya terletak pada lengan penegak yang tidak cukup memadai, sehingga perlu didiskusikan kembali.

Dalam masa pembangunan ini kita sedang berusaha meningkatkan produksi perikanan laut, sedang jumlah kapal penangkapan yang bermotor lambat perkembangannya. Maka perlulah ada usaha untuk menjaga agar kapal yang sudah ada jangan sampai berkurang karena kecelakaan. Setidak-tidaknya kecelakaan kapal penangkapan dapat dikurangi dengan mengetahui stabilitas kapalnya.

Tabel 1. Proyeksi konsumsi ikan di Indonesia dalam PELITA III.

Konsumsi	1979	1983	Rata-rata kenaikan per tahun (%)
Konsumsi total (ribuan ton)	1.666	2.064	5,5
Konsumsi perkapita (Kg)	11,54	13,21	3,4

Sumber : Rencana Pengembangan Pertanian PELITA III.
Departemen Pertanian R.I. Jakarta, 1978.

Tabel 2. Jumlah kapal penangkapan ikan dari modal PMA dan PMDN tahun 1976 (ANONYMOUS, 1976).

No.	Ukuran (GT)	PMA	PMDN*)	Jumlah
1.	5 - 10	-	1	1
2.	10 - 20	4	25	29
3.	20 - 30	1	30	31
4.	30 - 50	21	5	26
5.	50 - 100	20	31	51
6.	100 - 200	56	16	72
7.	200 - 300	7	6	13
8.	300 - 500	14	3	17
9.	lebih dari 500	-	1	1
JUMLAH		122	118	240

*) angka diperbaiki.

Tabel 3. Jumlah perusahaan pemerintah, jumlah kapal penangkap, ukuran dan alat penangkap ikan (ANONYMOUS, 1976).

No.	Perusahaan	Jumlah kapal penangkap	Ukuran (GT)	Alat tangkap
1.	P.T. Perikanan Samudra besar	18	100	Longline
2.	P.T. Karya Mina	40	15	Trawl
		60	8	Gillnet
3.	P.T. Tirta Kaya Mina	50	60	Purse seine
4.	P.T. Usaha Mina	30	30	Pole & line
5.	Perum Perikanan Maluku	20	30	Pole & line
6.	P.N. Perikani Sulawesi Utara Tengah	30	30	Pole & line

1.2 Tujuan

Tulisan ini bertujuan untuk memberi penjelasan tentang stabilitas kapal, khususnya mengenai stabilitas awal, stabilitas sudut besar, trim, kurva stabilitas statis dan dinamis serta gaya-gaya yang menyebabkan kapal-kapal ikan mengalami kemiringan.

Stabilitas kapal penting untuk diketahui, sehingga dapat menjamin :

- berlangsungnya operasi penangkapan ikan.
- keselamatan awak kapal dan perlengkapan penangkapan pada saat kapal rolling dan pitching.
- kapal tidak tenggelam atau setidaknya mengurangi kemungkinan kapal tenggelam.
- investasi yang ditanam di bidang penangkapan ikan.
- mengatasi atau mengurangi besarnya gaya-gaya yang menyebabkan kapal miring.



2 TINJAUAN PUSTAKA

AYODHYOA (1972) dan KOMURA (1975) menjelaskan bahwa kapal ikan mempunyai karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan kapal-kapal lainnya, seperti kapal penumpang, kapal barang dan lain-lainnya.

Karakteristik pokok yang dimiliki terutama pada kecepatan, olah gerak yang baik, layak laut, jangkauan pelayaran yang jauh, konstruksi yang kuat, propulsion enginnya cukup kuat, memiliki perlengkapan pengolahan dan pengawetan ikan, serta memiliki perlengkapan penangkapan.

AYODHYOA (1972) mengatakan bahwa kapal-kapal ikan berusaha mencari fishing ground di lautan atau mengikuti dan mengejar gerombolan ikan. Sering pula harus menem-
puh bahaya cuaca yang sulit untuk ditembus, tetapi harus dilalui agar sampai ke fishing ground.

Menurut HANSON, H. C. (1955) dan MILLER, W. C. (1960), banyak Tuna Clipper yang GT-nya lebih besar dari 200 ton tenggelam ketika sedang beroperasi di laut yang tidak terjadi badai. Sebagian besar kecelakaan, terbalik dan tenggelamnya kapal ini disebabkan oleh kesalahan penempatan muatan, tangki-tangki air atau bahan bakar tidak terisi penuh sehingga menimbulkan permukaan bebas, usaha penggunaan balast untuk menambah kestabilan kapal yang tidak tepat dan lain-lain faktor yang bersifat mengurangi stabilitas kapal.

RAHOLA, J. (1939) di dalam DE WIT, J. G. (1955) menerangkan pentingnya stabilitas untuk menjamin keselamatan dalam pelayaran kapal ikan.

Menurut SEMYONOV, V.; TYAN and SHAMSKY, stabilitas kapal adalah kemampuan kapal yang menyimpang dari posisi keseimbangan karena bekerjanya gaya-gaya eksternal, untuk kembali ke posisi semula bila gaya-gaya tersebut berhenti.

Stabilitas kapal terdiri dari stabilitas dinamis dan stabilitas statis, stabilitas yang terakhir terdiri atas stabilitas sudut kecil (awal) dan stabilitas sudut besar (SEMYONOV, V. et al.).

HIND, J. ANTHONY (1967) dan KEMP and YOUNG (1977) juga menjelaskan tentang stabilitas longitudinal yang umumnya merupakan trim, yaitu perbedaan antara draft depan dan draft belakang.

HANLIN, C. and CHRISTOPHER TUPPER (1976) menyebutkan trim sebagai besarnya sudut yang dibentuk antara waterline sesungguhnya dengan waterline design pada kondisi bermuatan.

KEMP and YOUNG (1977) menerangkan bahwa untuk mengukur trim dapat dipergunakan momen trim dan tonnes per centimetre immersion.

Stabilitas awal kapal dan stabilitas sudut besar dimensinya ditentukan oleh lengan penegak atau momen penegak kapal (SEMYONOV, V. et al.).



Stabilitas awal dapat juga ditentukan ukurannya dengan besarnya tinggi metacenter, yaitu jarak antara titik pusat gaya berat kapal dan titik metacenter.

WALTER MOCKEL (1960); HIND, J. A. (1967) dan NOMURA (1975) menerangkan bahwa tinggi metacenter dapat ditentukan besarnya dengan test kemiringan. Test kemiringan ini hanya dapat dilakukan dengan memiringkan kapal sebesar 1° - $2,5^{\circ}$, kalau lebih besar lagi posisi titik metacenter tidak tepat lagi.

Menurut SEMYONOV, V. et al., kurva stabilitas dinamis merupakan integral dari kurva stabilitas statis. Tinggi metacenter dan momen stabilitas statis masing-masing dapat ditentukan dengan kurva stabilitas statis dan kurva stabilitas dinamis.

RAHOLA, J. (1960) dan NOMURA (1975) menjelaskan bahwa tinggi metacenter yang besar akan membuat kapal oleng dengan kaku dan tersentak-sentak, keadaan ini sangat berbahaya bagi awak kapal dan perlengkapan penangkapan. Sedang kapal dengan tinggi metacenter yang kecil akan membuat kapal rolling dengan lembut, tetapi berbahaya bila berada di laut bebas, karena momen penegaknya kecil.

Gaya-gaya eksternal yang menyebabkan kapal miring adalah pemindahan cargo, penambahan atau pengurangan berat benda-benda di kapal, gaya sentrifugal pada saat turning, permukaan bebas zat cair dalam tangki-tangki kapal,



tekanan angin, benda-benda yang tergantung pada katrol, menarik beban dan perubahan lengan penegak karena pengaruh gelombang (KURT WENDEL, 1960).

RAHOLA, J. (1939) di dalam DE WIT, J. G. (1955) memberikan kriteria stabilitas kapal berdasarkan stabilitas statis dan stabilitas dinamis.

TAKAGI, A. (1960) mengusulkan suatu nilai yang disebut "safety index number" untuk kriteria stabilitas.

Stabilitas minimum juga dapat ditentukan dengan mencari nilai freeboard minimum yang akan mempengaruhi range stabilitas kapal (JABLONSKI, 1960).

3 METODA DAN BAHAN

3.1 Metoda

Penulisan Karya Ilmiah ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder, yang diperoleh dari suatu studi pustaka. Disamping itu ditunjang pula dengan Praktek Ketrampilan Lapang yang penulis lakukan selama dua bulan di C V Bina Kapal Ikan Tegal dan Sungailiat-Bangka.

3.2 Bahan

Bahan-bahan penulisan ini diperoleh dari berbagai perpustakaan, antara lain :

- Perpustakaan Fakultas Perikanan IPB.
- Perpustakaan Pusat IPB.
- Perpustakaan Bagian Teknik Penangkapan Fakultas Perikanan IPB.
- Perpustakaan Marine Fisheries Training Project RI-UNDP/FAO Tegal.
- Perpustakaan Direktorat Jendral Perikanan Salemba Jakarta.
- Dan lain-lain.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Coefficient of Fineness

Beberapa kapal mempunyai bentuk yang langsing, ada pula yang bentuknya gemuk dan montok. Derajat perbedaan bentuk kapal ini dinyatakan dalam coefficient yang disebut Coefficient of Fineness (ANONYMOUS, 1974 dan AYODHYOA, 1972).

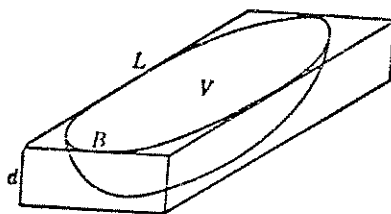
Coefficient of Fineness terdiri dari :

a. Block Coefficient (Cb).

Merupakan perbandingan antara kapasitas displacement kapal (V) dengan volume balok yang membatasi bentuk kapal.

$$C_b = \frac{V}{L \times B \times d}$$

L, B, dan d masing-masing adalah panjang, lebar dan draft kapal.



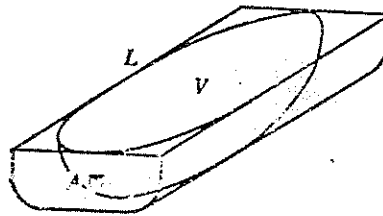
Gambar 1. Block Coefficient (ANONYMOUS, '1974).

b. Prismatic Coefficient (C_p).

Perbandingan antara kapasitas displacement kapal dengan volume hasil penggandaan antara Midship Section (A_m) dan panjang kapal.

$$C_p = \frac{V}{A_m \times L}$$

A_m merupakan areal Midship Section.

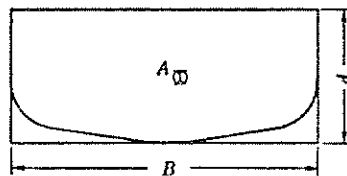


Gambar 2. Prismatic Coefficient (ANONYMOUS, 1974).

c. Midship Coefficient (C_m).

Perbandingan antara midship section dengan hasil penggandaan antara lebar dan draft kapal.

$$C_m = \frac{A_m}{B \times d}$$



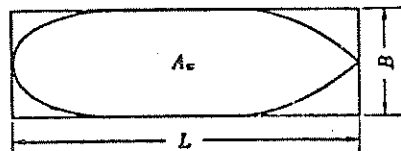
Gambar 3. Midship Coefficient (ANONYMOUS, 1974).

d. Water Plane Coefficient (C_w).

Merupakan perbandingan antara luas bidang air kapal dengan hasil penggandaan antara panjang dan lebar kapal.

$$C_w = \frac{A_w}{L \times B}$$

A_w adalah luasan bidang air kapal.



Gambar 4. Water plane coefficient (ANONYMOUS, 1974).

e. Coefficient Vertical Fullness (C_{vf}).

Perbandingan antara kapasitas displacement kapal dengan hasil penggandaan antara luas bidang air kapal (A_w) dan draft kapal (SEMYONOV et al.)

$$C_{vf} = \frac{V}{A_w \times d}$$

Hubungan antara Block Coefficient, Prismatic Coefficient dan Midship section, ialah :

$$C_b = C_p \times C_m$$

Besarnya nilai-nilai koefisien ini mengikuti urutan. sebagai berikut :

$$C_b \angle C_p \angle C_m$$

Tabel 4. Coefficient of Fineness dari beberapa kapal ikan (ANONYMOUS, 1974).

Jenis-jenis kapal ikan	Block Coefficient	Prismatic Coefficient	Midship Coefficient	Water Plane Coefficient
Fishery Regulations Boat	0.46-0.54	0.58-0.63	0.72-0.19	0.71-0.79
Whale Catcher Boat	0.48-0.56	0.60-0.65	0.80-0.88	0.76-0.83
Tuna- and Bonito-Fishing Boat	0.63-0.72	0.65-0.75	0.91-0.97	0.83-0.90
Trawler	0.59-0.66	0.66-0.71	0.91-0.93	0.81-0.86
Bull Trawler	0.61-0.70	0.66-0.77	0.88-0.96	0.83-0.92
Medium-size Trawl Boat	0.57-0.70	0.65-0.74	0.90-0.96	0.79-0.86
Roll Net Fishing Boat (Purse Seiner)	0.57-0.68	0.67-0.75	0.91-0.95	0.76-0.94

4.2 Principle Dimension

Menurut AYODHYOA (1972) dan NOMURA (1975) yang dimaksud dengan Principle Dimension adalah panjang (L), lebar (B) dan dalam (D) kapal. Ketiga ukuran tersebut penting untuk menentukan kapasitas kapal, dimensi lain yang berhubungan dengan stabilitas kapal adalah free-board (F) dan draft (d) kapal.

Principle dimension :

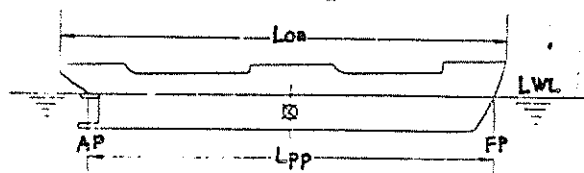
1. Panjang (L).

Nilai L yang diperbesar akan memperkecil propulsion resistance, memperbesar speed dan memudahkan dalam pelaksanaan interior arrangement.

Sebaliknya akan memburukkan steerability dan melemahkan longitudinal strength.

Ada dua cara mengukur L, yaitu :

- a) Length overall (LOA), merupakan jarak horizontal dari ujung buritan sampai ke ujung haluan.
- b) Length between perpendicular (Lpp), merupakan jarak horizontal dari fore perpendicular (Fp) ke after perpendicular (Ap) pada load waterline (LWL). Midship merupakan pertengahan Lpp.

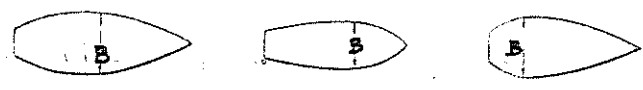


Gambar 5. Ukuran panjang kapal (NOMURA, 1975).

2. Lebar (B).

Nilai B, erat hubungannya dengan stabilitas. Bila nilai ini diperbesar, stabilitas awalnya akan membesar yang berarti nilai tinggi metacenternya juga akan membesar, sedang periode olengnya mengecil. Tetapi propulsive abilitynya akan memburuk, sehingga sulit mendapatkan speed yang cukup.

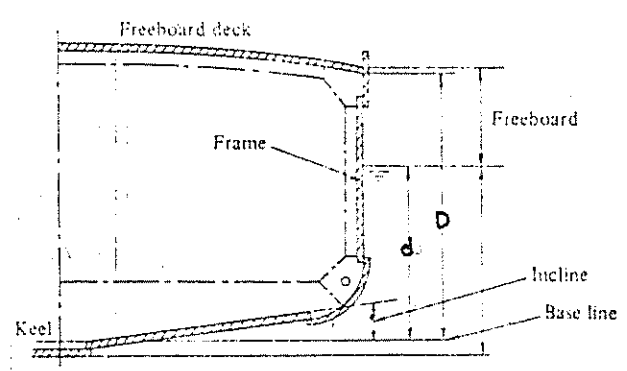
Ukuran B merupakan jarak horizontal pada bagian yang terlebar dari badan kapal.



Gambar 6. Ukuran lebar kapal (NOMURA, 1975).

3. Dalam (D).

Bila nilai D diperbesar, jumlah muatan juga membesar dan longitudinal strength akan membaik. Sedangkan letak pusat gravitasinya akan naik, sehingga akan mengakibatkan stabilitasnya memburuk.



Gambar 7. Ukuran depth, draft dan freeboard (NOMURA, 1975).

1. Ditinjau mengenai besarnya draft, maka akan mempengaruhi stabilitas kapal dan kecepatan gerak. 2. Berapakah jenis kapal tersebut? 3. Berapakah jenis mesin yang digunakan? 4. Berapakah tenaga yang dihasilkan? 5. Berapakah biaya yang diperlukan? 6. Berapakah umur yang diharapkan? 7. Berapakah biaya yang diperlukan? 8. Berapakah biaya yang diperlukan? 9. Berapakah biaya yang diperlukan? 10. Berapakah biaya yang diperlukan?

4. Draft (d).

Nilai d diukur sebagai jarak tegak lurus antara load waterline (LWL) dengan base line.

5. Freeboard (F).

Apabila nilai F ini diperbesar maka besarnya range stability akan bertambah (KEMP & YOUNG, 1977).

Freeboard diukur sebagai jarak tegak lurus antara load waterline dengan freeboard deck line. Sehingga nilai freeboard dapat diperoleh dari pengurangan nilai D dan d.

6. L/B, L/D dan B/D.

Perbandingan antara L, B dan D sangatlah penting untuk dipernitungkan, baik dari segi teori bangunan kapal maupun ketentuan-ketentuan peraturan yang berlaku (AYODHYOA, 1972).

Dalam tabel 5. dapat dilihat nilai-nilai L/B, L/D dan B/D dari berbagai jenis kapal-kapal ikan Jepang.



Tabel 5. Nilai-nilai L/B, L/D dan B/D dari berbagai jenis kapal ikan (AYODHYOA, 1972).

Jenis fishing boat	L(m)	L/B	L/D	B/D
Salmon drifter	L < 18	< 4.50	< 9.70	> 2.15
	18 < L < 23	4.60	9.80	2.10
	23 < L	5.00	10.00	2.00
Purse seiner (seiner)	L < 22	< 4.30	< 10.00	> 2.15
	22 < L	4.50	11.00	2.10
Small/medium bottom trawler (one boat system)	L < 18	< 4.75	< 10.00	> 2.10
	18 < L < 21	5.00	10.30	2.05
	21 < L	5.30	10.50	1.95
Small/medium bottom trawler (two boat system)	L < 24	< 5.50	< 10.50	> 1.88
	24 < L < 27	5.65	10.70	1.85
	27 < L	6.00	11.00	1.80
Trawler (otter trawler)	L < 35	< 6.30	< 11.50	> 1.75
	35 < L < 50	6.50	12.00	1.72
	50 < L	6.70	12.50	1.70
Skipjack pole & line fishing boat	L < 20	< 4.60	< 9.50	> 2.05
	20 < L < 25	4.80	10.00	1.95
	25 < L < 30	5.00	10.50	1.90
	30 < L	5.50	11.00	1.85
Tuna long liner (liner)	L < 25	< 4.90	< 10.00	> 2.00
	25 < L < 30	5.10	11.00	1.95
	30 < L < 40	5.50	11.50	1.90
	40 < L	6.00	12.00	1.80
Whale catcher boat (small size)	L < 18	< 5.20	< 10.30	> 1.98
	18 < L	5.35	10.50	1.95
Whale catcher boat (large size)	L < 50	< 6.30	< 12.00	> 1.75
	50 < L	6.60	12.50	1.70
Fish carrier boat	L < 18	< 5.00	< 10.00	> 1.95
	18 < L < 25	5.50	11.00	1.80
	25 < L < 40	6.20	12.00	1.70
	40 < L	6.50	12.50	1.65
Jenis2 lainnja	L < 18	< 4.63	< 9.90	> 2.10
	18 < L < 23	4.80	10.00	2.05
	23 < L < 27	5.10	10.20	1.95
	27 < L	5.30	10.50	1.90

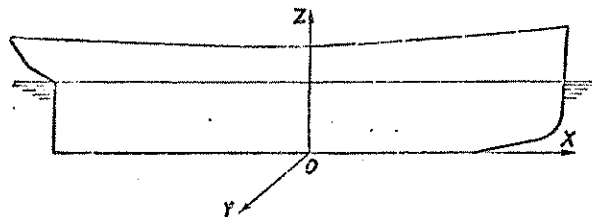
4.3 Gaya Apung Dan Gaya Berat

Hukum Archimedes mengatakan bahwa, bila sebuah benda padat yang seluruhnya atau sebagian tercelup dalam zat cair akan kehilangan beratnya sebesar berat zat cair yang dipindahkan oleh benda itu (SEAR and ZEMANSKY, 1963).

Gaya apung adalah berat zat cair yang dipindahkan oleh benda yang dicelupkan dalam zat cair, berarti untuk sebuah kapal sama dengan hasil penggandaan antara volume air yang dipindahkan kapal dengan berat jenis air.

4.3.1 Sistim Kordinat Kapal.

Menurut SEMYONOV, V. et al., untuk mempermudah cara mempelajari gaya apung dan stabilitas kapal, dibuatlah suatu sistim kordinat tiga dimensi dengan titik awal pada dasar kapal, sehingga cara perhitungannya dapat dipermudah (Gambar 8.).



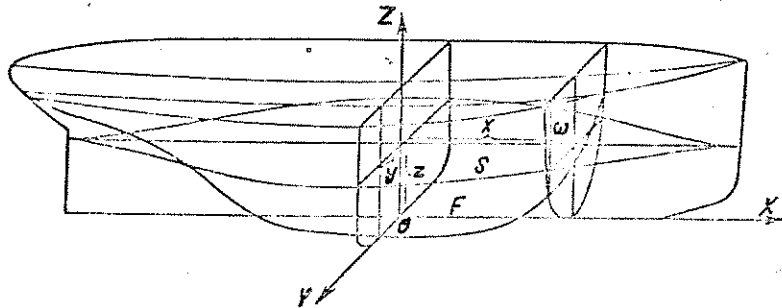
Gambar 8. Sistim sumbu kordinat pada kapal (SEMYONOV, V. et al.).

Sumbu OX adalah garis perpotongan bidang diametral dan bidang dasar. Sumbu OY adalah garis perpotongan bidang midship dan bidang dasar. Sedang sumbu OZ merupakan garis perpotongan bidang diametral dan bidang midship.

XOY disebut bidang dasar, XOZ bidang diometral dan YOZ adalah bidang midship.

4.3.2 Displacement Kapal

Untuk mengetahui berapa besar gaya apung sebuah kapal perlu dihitung terlebih dulu volume kapal. Besarnya gaya apung merupakan penggandaan antara volume kapal dan berat jenis air. Karena kapal mempunyai bentuk badan yang melengkung, maka perhitungannya memakai integral.



Gambar 9. Bentuk waterplane (S), bidang irisan melintang (w) dan bidang irisan longitudinal (F), (SEMYONOV, V. et. al.).

Ada tiga cara menghitung volume kapal tetapi hanya akan dikemukakan dua cara saja :

- a) Pertama, perhitungan didasarkan pada luas waterplane (S), persamaannya sebagai berikut;



$$S = 2 \int_{-L/2}^{L/2} y \, dx \quad (1)$$

dimana :

L = panjang kapal (m).

$y = f(x)$ pada z konstan.

z = sumbu vertikal.

$$V = \int_0^d S \, dz \quad (2)$$

dimana :

d = draft kapal (m).

V = volume kapal (m^3).

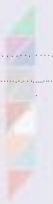
Dengan bantuan rumus trapezoidal (lampiran 1) dapat mempermudah rumus-rumus di atas.

$$S = 2 \Delta L \left[y_m + y_{m-1} + \dots + y_0 + \dots + y_{m-1} + y'_m - \frac{1}{2} (y_m + y'_m) \right] \quad (3)$$

dimana :

$\Delta L = \frac{L}{2m}$ m = adalah jumlah garis pada waterplane.

$$V = \Delta d \left[S_0 + S_1 + \dots + S_{n-1} + S_n - \frac{1}{2} (S_0 + S_n) \right] \quad (4)$$



dimana :

$$\Delta d = \frac{d}{2n} \quad \dots \dots n = \text{adalah jumlah waterplane.}$$

b) Kedua, perhitungan didasarkan pada luas irisan bidang melintang (w), persamaannya sebagai berikut :

$$w = 2 \int_0^d y \, dz \quad (5)$$

dimana :

d = draft kapal (m).

$y = f(z)$ pada x konstan.

x = sumbu longitudinal.

$$V = \int_{-L/2}^{L/2} w \, dx \quad (6)$$

dimana :

L = panjang kapal (m).

Dengan menggunakan rumus trapezoidal,

$$w = \Delta d \left[y_0 + y_1 + \dots \dots + y_{n-1} + y_n - \frac{1}{2} (y_0 + y_n) \right] \quad (7)$$

dimana :

$$\Delta d = \frac{d}{n} \quad \dots \dots n = \text{adalah jumlah garis pada } w.$$

$$V = \Delta L \left[w_m + w_{m-1} + \dots \dots + w_0 + \dots \dots + w'_{m-1} + w'_m - \frac{1}{2} (w + w') \right] \quad (8)$$

dimana, $\Delta L = \frac{L}{2m}$ m = adalah jumlah bidang w .

4.3.3 Kordinat Gaya Apung (x_B, y_B, z_B)

Setelah volume kapal dapat ditentukan, langkah selanjutnya menentukan momen-momen volume terhadap bidang XOZ, XOY dan YOZ, masing-masing menentukan pusat gaya apung y_B, z_B dan x_B . Karena XOZ adalah bidang simetri kapal, maka momen volume terhadap bidang ini sama dengan nol. Rumus-rumus momen seperti di bawah ini.

$$M_{yoz} = M_{yz} = \int_{-L/2}^{L/2} xw \, dz \quad (9)$$

$$M_{xoy} = M_{xy} = \int_{-L/2}^{L/2} zS \, dz \quad (10)$$

dimana :

x = adalah jarak titik nol ke bidang w.

z = adalah jarak titik nol ke bidang S.

Selanjutnya kordinat gaya apung adalah,

$$x_B = \frac{M_{yz}}{V} \quad (11)$$

$$y_B = 0 \quad (12)$$

$$z_B = \frac{M_{xy}}{V} \quad (13)$$



4.3.4 Gaya Berat Dan Koordinatnya (x_G, y_G, z_G)

Berat kapal (W) ditentukan oleh jumlah komponen-komponen berat p, seperti berat badan kapal, berat alat-alat mesin, jaring, ikan hasil tangkapan, purse winch, power block dan perlengkapan-perlengkapan lainnya.

Rumus berat kapal :

$$W = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \quad (14)$$

dimana :

n = jumlah komponen-komponen berat.

Kordinat (x_G, y_G, z_G) berat kapal ditentukan dengan memakai teori momen-momen yang dapat diketahui secara mekanik.

$$\begin{aligned} x_G &= \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i \cdot x_i}{W} \\ y_G &= \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i \cdot y_i}{W} \\ z_G &= \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i \cdot z_i}{W} \end{aligned} \quad (15)$$

dimana :

(x_i, y_i, z_i) adalah kordinat berat ke-i.

n = jumlah benda.

p_i adalah berat benda ke-i.

4.4 Stabilitas Awal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal yang menyimpang dari posisi keseimbangan karena bekerjanya gaya-gaya external, untuk kembali lagi ke posisi semula jika gaya-gaya tersebut berhenti (SEMYONOV, et al.).

Ada tiga bentuk stabilitas yang terjadi pada kapal, yaitu :

- 1) Kapal yang stabil, terjadi bila kapal mengalami miring sedikit dari posisi semula (tegak) dapat segera kembali ke posisi tegak lagi, bila gaya-gaya yang menyebabkan miring lenyap.
- 2) Kapal yang tidak stabil, terjadi bila kapal mengalami miring sedikit tidak kembali lagi ke posisi tegak, tetapi makin bertambah miring walaupun gaya-gaya yang menyebabkan miring telah berhenti.
- 3) Kapal dengan stabilitas netral, terjadi bila pada saat kapal miring sedikit tidak bertambah miring atau kembali ke posisi tegak, melainkan tetap pada kemiringannya.

WALTER MOCKEL, (1960) dan SEMYONOV, et al., menjelaskan bahwa stabilitas kapal tergantung pada beberapa faktor yaitu, dimensi kapal, bentuk hull yang ada dalam air, distribusi benda-benda di kapal dan sudut miringnya terhadap bidang horizontal.

Studi tentang stabilitas kapal dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas statis diukur dari besarnya momen penegak yang terjadi pada saat kapal miring.

Sedang stabilitas dinamis diukur dari jumlah kerja/usaha (the work done) dalam proses inklinasi.

Stabilitas statis dapat dibagi lagi menjadi stabilitas dengan sudut besar dan stabilitas sudut kecil yang disebut stabilitas awal.

Batas sudut kecil bagi stabilitas awal berkisar antara sudut 10° - 15° (HIND, A.J., 1967 dan KEMP & YOUNG, 1977).

4.4.1 Lengan Dan Momen Penegak

Bila kapal mengalami miring kecil karena pengaruh gaya-gaya external, akan timbul usaha dari kapal untuk mengembalikan ke posisi tegak. Usaha ini diukur dengan besarnya lengan penegak dan momen penegak (M_{rt}).

Kapal yang miring, posisi titik pusat gaya apung berubah ke sisi miring, bila titik gaya beratnya dianggap tetap akan timbul kopel dari kedua titik ini.

Jarak tegak dari kedua gaya ini adalah lengan penegak kapal, bila digandakan dengan berat kapal akan menjadi momen penegak.

$$M_{rt} = W \times GZ \quad (16)$$

Rumus W adalah : $W = \delta \times V$ (17)

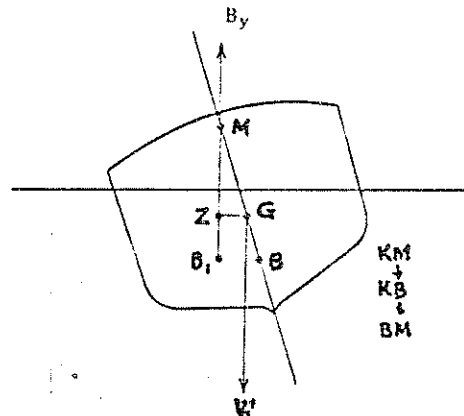
M_{Rt} = momen penegak transversal.

GZ = lengan penegak.

δ = berat jenis air.

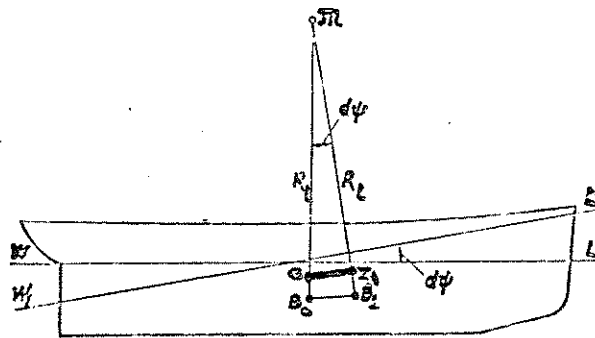
V = displacement kapal.

W = berat kapal.



Gambar 10. Lengan penegak dan Momen penegak transversal (NOMURA, 1975).

Lengan dan Momen penegak longitudinal hanya menentukan trim kapal yaitu selisih antara draft depan dan draft belakang.



Gambar 11. Lengan dan Momen penegak longitudinal (SEMYONOV, V. et. al.).

4.4.2 Tinggi Metacenter Dan Radius Metacenter

Tinggi metacenter adalah jarak titik G ke titik M (Gb. 12), sedangkan Radius metacenter merupakan jarak yang menghubungkan antara titik M dan titik B yang selalu berubah sesuai dengan sudut senget kapal.

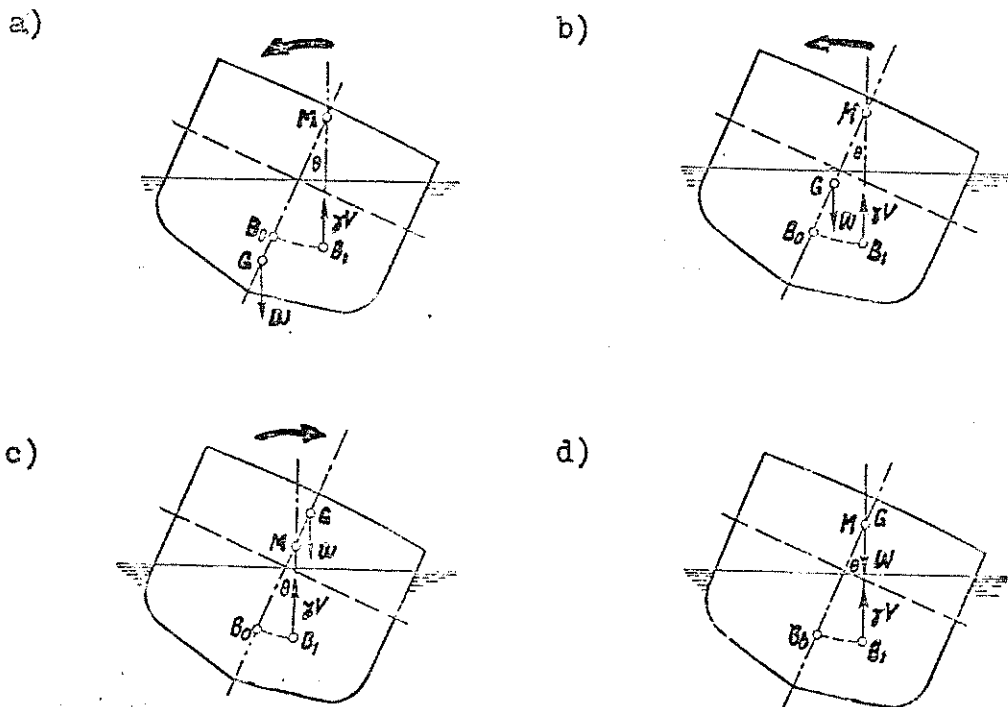
Tinggi metacenter ditentukan oleh GZ rumusnya sebagai berikut :

$$GZ = GM \times \sin \theta. \quad (18)$$

Karena sudut θ kecil maka rumus diatas berubah jadi

$$GZ = GM \times \theta \quad \theta = \text{dinyatakan dalam radian.}$$

Perubahan-perubahan yang mungkin terjadi terhadap tinggi metacenter terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 12. Perubahan Tinggi Metacenter (SEMYONOV, V. et. al.).

Gambar 12a. Menunjukkan bahwa tinggi metacenter lebih besar dari pada radius metacenter, karena letak G dibawah B. Momen penegak yang dibentuknya mengembalikan kapal pada posisi tegak, sedang G yang rendah menunjukkan deck kapal sangat dekat dengan permukaan air. Kapal bentuk ini sering di jumpai pada kapal layar.

Gambar 12b. Menunjukkan bahwa tinggi metecenter lebih kecil dari pada radius metacenter, karena titik G terletak di antara titik B dan titik M. Momen penegak positif, mengembalikan kapal pada posisi tegak, menunjukkan kapal stabil. Umumnya banyak di jumpai pada sebagian kapal-kapal yang dibuat orang.

Gambar 12c. Menunjukkan M dibawah G, berarti GM negatif. Momen penegaknya juga negatif, sehingga bila kapal dalam cuaca buruk akan terbalik. Momen negatif berarti bukan menegakkan kapal yang miring, tetapi justru membuat sebaliknya, keadaan kapal demikian tidak stabil.

Gambar 12d. Menunjukkan GM sama dengan nol, bila kapal miring posisinya akan tetap demikian. Keadaan kapal demikian berada dalam kestabilan netral.

Tinggi metacenter umumnya lebih banyak dipakai untuk menentukan momen penegak, dari pada lengan penegak. Maka rumus Momen Penegak menjadi ; ,

$$M_{rt} = GM\theta \times W \quad (19)$$

Untuk menentukan besarnya momen penegak longitudinal caranya analog dengan momen penegak transversal, yaitu merupakan hasil penggandaan antara tinggi metacenter longitudinal (GM_1) dan berat kapal (W):

$$M_{r1} = GM_1 \times W \quad (20)$$

$$GZ_1 = GM_1 \times \psi \quad (21)$$

M_{r1} = momen penegak longitudinal.

GZ_1 = lengan penegak longitudinal (gambar 11).

ψ = sudut pitch yang kecil dinyatakan dalam radian.

Radius metacenter transversal ditentukan oleh momen enersia waterplane terhadap sumbu OX.

$$I_x = \frac{LB^3}{12} \quad (22)$$

$$r_t = \frac{I_x}{V} \quad (23)$$

I_x = momen enersia waterplane terhadap sumbu OX.

r_t = radius metacenter transversal.

V = displacement kapal.

L = panjang kapal.

B = lebar kapal.

Menentukan radius metacenter longitudinal (R_1) identik dengan radius metacenter transversal (r_t), hanya momen enersia waterplanenya terhadap sumbu sejajar OY melalui titik pusat pengapungan waterplane (I_f).

$$I_f = \frac{L^3 B}{12} \quad R_1 = \frac{I_f}{V} \quad (24)$$

4.4.3 Tinggi Metacenter Negatif

Seperti terlihat pada gambar 12c yang menunjukkan bahwa tinggi metacenter menjadi negatif, keadaan ini berbahaya bagi kapal karena dapat mengakibatkan kapal tenggelam. Tetapi bila kapal berada di perairan yang tenang atau di pelabuhan, CM yang negatif tidak membahayakan kapal. Sebaliknya bila kapal berada di lautan bebas, apalagi dalam cuaca buruk kapal akan tenggelam.

Untuk mengatasi tinggi metacenter negatif, dapat dilakukan dengan menurunkan titik pusat gaya berat kapal. HIND, A. J. (1967) menjelaskan tindakan konkrit yang dapat dilakukan untuk menurunkan titik G adalah :

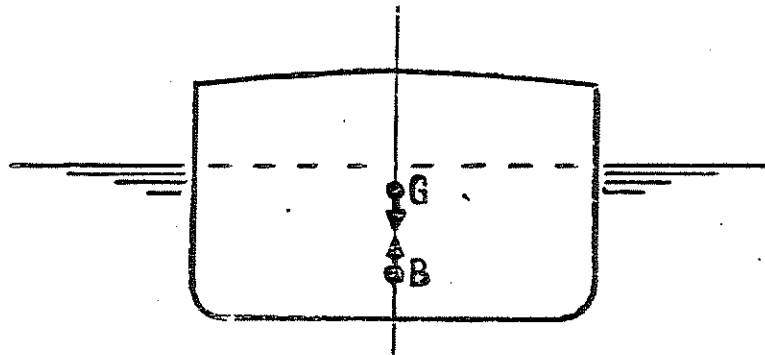
- 1) Tangki air atau bahan bakar di bawah waterline jangan dikosongkan.
- 2) Kurangi pengaruh permukaan bebas air di kapal.
- 3) Penempatan barang-barang sedapat mungkin di letakkan di bagian bawah, misalnya ikan dalam fish hold dan perlengkapan fishing gears.
- 4) Hindari benda-benda yang tergantung pada katrol dan jangan menarik beban dengan katrol.
- 5) Ballast harus selalu diusahakan.

4.4.4 Syarat-syarat Kapal Mencapai Keseimbangan

Sebuah kapal akan mencapai suatu keseimbangan bila memenuhi syarat-syarat yang dijelaskan oleh NOMURA, (1975) dan SEMYONOV, et al..

Kedua ahli tersebut menjelaskan bahwa keseimbangan akan tercapai bila memenuhi syarat berikut ini :

1. Gaya apung haruslah sama besarnya dengan gaya berat kapal, berarti nilai $B = G$.
2. Gaya apung haruslah terletak segaris vertikal dengan gaya berat kapal, yang berarti bahwa nilai $x_G = x_B$, $y_G = y_B$, sedang nilai $z_G \neq z_B$.



Gambar 13. Posisi G terletak segaris vertikal dengan posisi B pada bidang transversal (HIND, J. A., 1967).

4.4.5 Test Kemiringan

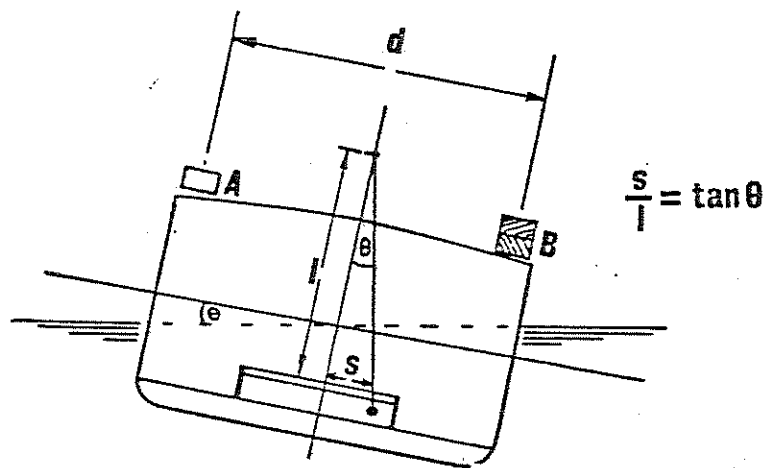
WALTER MOCKEL (1960) mengatakan bahwa test kemiringan merupakan salah satu cara untuk menentukan tinggi metacenter. Dengan mengetahui tinggi metacenter ini maka nilai periode oleng dapat diketahui, demikian juga nilai stabilitas awal kapal dapat dijelaskan juga.

NOMURA (1975) dan HIND, J.A. (1967) menjelaskan bahwa test kemiringan ini hanya dapat dilakukan dengan memiringkan kapal $1^\circ - 2,5^\circ$, kalau lebih dari $3^\circ - 4^\circ$ akan tidak tepat lagi, karena posisi titik metacenter (M)

sudah berubah dari tempat yang diperhitungkan.

Syarat-syarat percobaan kemiringan :

- 1) Dipilih waktu yang tenang dan tidak ada angin, bila ada angin kapal dihadapkan pada arah angin.
- 2) Tali-tali pengikat harus dalam keadaan kendur, agar kapal dapat miring dengan bebas.
- 3) Semua tangki harus dalam keadaan penuh atau kosong sama sekali.
- 4) Posisi kapal harus tegak dan tidak miring.
- 5) Kedalaman air harus dijaga agar kapal tidak kandas.
- 6) Crews yang tidak berkepentingan harus turun, sedang petugas percobaan harus berdiri tepat pada garis longitudinal sejajar sumbu X pada sistim kordinat OXYZ.



Gambar 14. Test Kemiringan (HIND, J. A., 1967).

Bahan-bahan percobaan :

- 1) Suatu beban yang dapat membuat kapal miring sebesar $1^\circ - 2,5^\circ$ atau kira-kira 0,001 sampai 0,002 dari displacement kapal.
- 2) Sebuah bandul atau pendulum sepanjang 1.
- 3) Alat pengukur berskala.

Pelaksanaan Test :

Perhatikan gambar 14, bandul diletakkan pada centerline dengan alat pengukur penyimpangan diletakkan di bawahnya. Beban di letakkan pada kedua sisi kapal dalam keadaan setimbang tegak. (HIND, J.A., 1967).

Selanjutnya prosedur percobaan dilakukan sebagai berikut :

- 1) Pindahkan beban A ke posisi B, lalu dicatat penyimpangan pendulum.
- 2) Pindahkan kembali beban A keposisi semula, pendulum akan kembali ke centerline.
- 3) Pindahkan beban B ke posisi A, lalu dicatat penyimpangan yang terjadi.
- 4) Kembalikan lagi beban B ke posisi semula.
- 5) Ulangi percobaan ini sampai ragamnya sekecil mungkin.

Hasil Percobaan :

$$\tan \theta = \frac{s}{l}$$

dimana, θ adalah sudut miring kapal.

s adalah penyimpangan rata-rata.

l adalah panjang pendulum dalam inches.

Selanjutnya nilai tinggi metacenter dirumuskan sebagai berikut :

$$GM = \frac{w \times d}{W \tan \theta} \quad (25)$$

Sebelumnya nilai-nilai di bawah ini harus diketahui,

W = displacement kapal dalam ton.

w = berat beban yang membuat kapal miring dalam ton.

d = jarak pemindahan beban dalam feet.

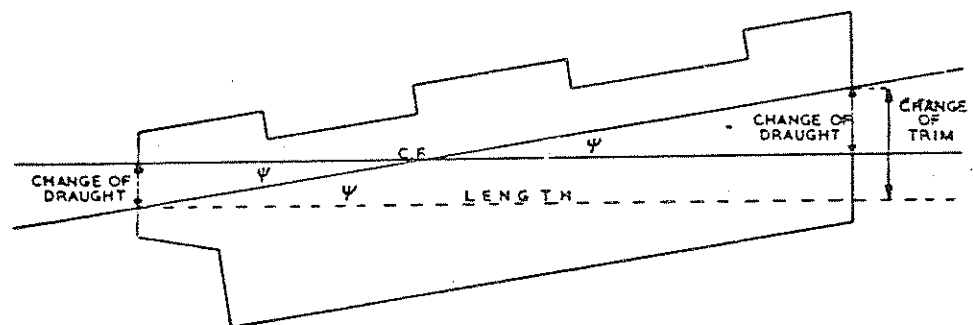


4.5 Trim

AYODHYOA (1972) dan KEMP & YOUNG (1977) menjelaskan bahwa trim adalah perbedaan antara draft pada buritan dan haluan. Pada saat kapal mengalami trim, kapal akan membentuk sudut. Sehingga besarnya sudut yang dibentuk antara waterline sesungguhnya dengan waterline design pada kondisi bermuatan merupakan trim (HAMLIN, C. dan CHRISTOPHER TUPPER, 1976).

Perubahan trim adalah perbedaan antara trim awal dan trim akhir yang terjadi, dengan tumpuan pada satu titik yang tidak berubah draftnya. Titik itu disebut juga sebagai pusat pengapungan (center of floatation-CF), letaknya pada waterplane.

Perubahan trim tergantung pada besarnya berat benda yang dipindahkan dari posisi awal.



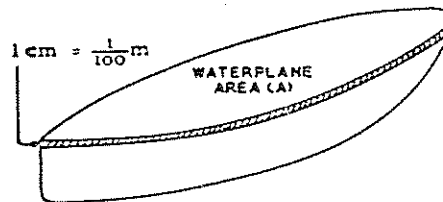
Gambar 15. Trim dan Centre of floatation (KEMP and YOUNG, 1977).

Perubahan draft dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta d = \frac{\text{Jarak draft depan/draft belakang ke CF}}{\text{Panjang kapal}} \times \Delta \text{trim}$$

4.5.1 Tonnes Per Centimetre Immersion (TPC)

Besarnya nilai ton yang harus ditambahkan untuk menaikkan nilai draft satu sentimeter disebut Tonnes Per Centimetre Immersion (TPC).



Cambar 16. Tonnes Per Centimetre Immersion (KEMP and YOUNG, 1977).

Volume akan bertambah bila draft kapal naik nilainya sebesar satu sentimeter, besarnya pertambahan ini adalah luas waterplane (S) digandakan dengan 1 cm ($\frac{1}{100}$ m).

$$\text{volume} = \frac{S}{100}$$

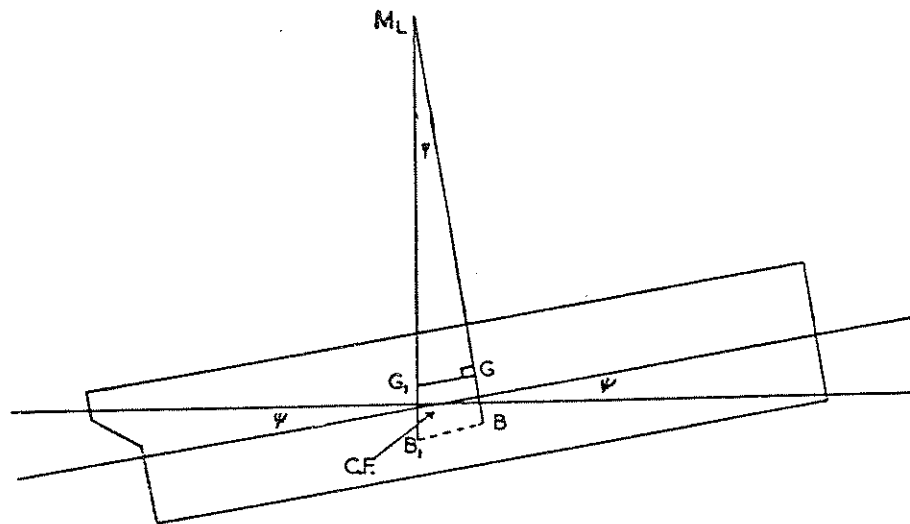
Karena satu meter kubik = satu metrik ton air tawar, maka

$$\text{TPC air tawar} = \frac{S}{100} \quad (26)$$

$$\text{TPC air laut} = \frac{1.025S}{100} \quad (27)$$

4.5.2 Momen Perubahan Trim Satu Sentimeter (MCT-1 cm)

Salah satu hal yang sangat penting dalam trim adalah momen perubahan satu sentimeter (MCT-1 cm). MCT-1 cm adalah besarnya momen yang dapat mengubah trim sebesar satu sentimeter.



Gambar 17. Perubahan titik G dan titik B bila terjadi trim (KEMP and YOUNG, 1977).

Dari gambar diatas dapat dilihat perubahan titik G ke G_1 , perubahan ini ditimbulkan oleh berat benda dan posisinya.

$$GG_1 = \frac{w \times d'}{W} \quad (28)$$

$w \times d'$ adalah momen dalam ton-meter.

d' adalah perubahan posisi benda dalam meter.

w adalah berat benda dalam ton.

W adalah displacement dalam ton

Selanjutnya,

$$\frac{GG_1}{GM_L} = \tan \psi = \frac{\text{perubahan trim}}{\text{panjang kapal}}$$

$$GG_1 = \frac{GM_L \times \text{perubahan trim}}{\text{panjang kapal}}$$

Jika perubahan trim hanya 1 cm = $\frac{1}{100}$ m,

$$\frac{w \times d'}{W} = \frac{GM_L}{100L}$$

$$w \times d' = \frac{W \times GM_L}{100L}$$

Sedangkan $w \times d'$ adalah momen perubahan trim satu sentimeter, sehingga rumusnya menjadi,

$$MCT-1 \text{ cm} = \frac{W \times GM_L}{100L} \quad (29)$$

dimana GM_L adalah titik metacenter longitudinal.

Bila kapal kita anggap berbentuk balok, tinggi metacenter longitudinal GM_L setara dengan radius metacenter longitudinal BM_L .

$$GM_L = BM_L(R_1) = \frac{L^3 B}{12V} = \frac{L^2}{12d}$$

$$MCT-1 \text{ cm} = \frac{1,025 \times L \times B \times d \times L^2}{100 \times L \times 12d} \quad (30)$$

dengan memasukkan rumus (27) dan (29) ke rumus (30) diperoleh rumus :

$$MCT-1 \text{ cm} = TPC \times \frac{L}{12}$$

Nilai L dapat kita ubah sesuai dengan rumus (27), sehingga rumus akhir kita dapat :

$$\begin{aligned} \text{MCT-1 cm} &= \text{TPC} \times \frac{100 \text{ TPC}}{12 \times 1,025 B} \\ \text{MCT-1 cm} &= \frac{100 \text{ TPC}^2}{12,3B} \approx \frac{8\text{TPC}^2}{B} \end{aligned} \quad (31)$$

Untuk kapal yang bukan berbentuk balok $\text{MCT-1 cm} \approx \frac{7\text{TPC}^2}{B}$ dapat dipakai sebagai rumus pendekatannya.

Stabilitas longitudinal seperti halnya stabilitas transversal diukur dengan besarnya momen, untuk stabilitas longitudinal diukur dengan momen perubahan trim.

- Bila kapal memuat atau memunggah barang,

Momen trimnya = berat barang yang dimuat/dipunggah
x jarak posisi barang itu ke CF.

- Bila letak barang berubah tempatnya di kapal,

Momen trimnya = berat benda yang dipindahkan
x jarak perpindahan barang itu.

Perubahan trimnya dirumuskan sebagai berikut ;

$$\text{Perubahan trim} = \frac{\text{Momen trim terhadap CF}}{\text{MCT-1 cm}}$$

4.6 Stabilitas Sudut Besar

Pada umumnya kapal mengalami kemiringan pada sudut-sudut yang kecil, yaitu dibawah 20° . Bila mengalami sudut miring yang besarnya melebihi nilai di atas, maka nilai lengan penegak perlu diperhatikan.

Lengan penegak ini menentukan momen penegak, besarnya momen penegak ini harus lebih besar atau sama dengan momen kemiringan. Kalau terjadi sebaliknya, kemungkinan besar kapal akan terbalik.

Dalam menentukan stabilitas sudut besar, tinggi metacenter tidak dapat dipakai. Karena itu kita harus kembali menghitung berapa besarnya lengan penegak pada saat kapal mengalami kemiringan.

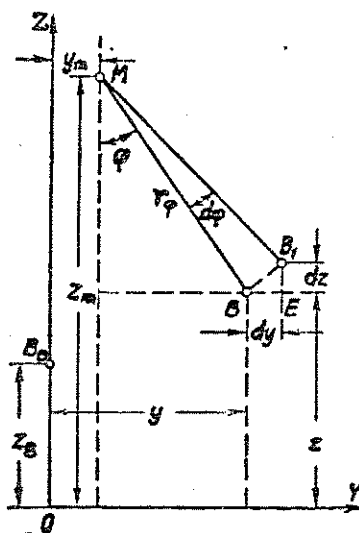
Bagian ini menjelaskan cara menghitung lengan penegak (GZ) pada saat kapal miring dengan sudut besar. Selanjutnya juga dijelaskan radius metacenter (BM), lengan stabilitas dinamis yaitu selisih antara ZB_1 dan GB_0 (gambar 21).

Hubungan antara tinggi metacenter (GM), lengan penegak dan lengan stabilitas dinamis juga dijelaskan secara terperinci.

4.6.1 Tinggi Metacenter Transversal

Perhitungan radius metacenter (yaitu jarak antara titik M dan titik B) akan selalu berubah' sesuai dengan perubahan sudut miring kapal.

Dengan menggunakan gambar di bawah ini, dapat dijelaskan hubungan antara radius metacenter dan tinggi metacenter.



Gambar 18. Hubungan antara kordinat metacenter dan radius metacenter pada saat kapal miring (SEHYONGV, V. et. al.).

Perhatikan gambar 18, letak pusat gaya apung pada waktu kapal tegak B_0 dan pada saat pusat gaya apung kapal pindah tempat di B , letak titik M pada saat miring tidak lagi segaris vertikal dengan titik B_0 .

Dengan menambahkan sudut miring yang sangat kecil ($d\phi$) untuk kapal yang sudah miring, kita dapat menghitung posisi titik M . Perhatikan BB_1E , karena sudut $d\phi$ kecil, maka $\triangle BB_1E \approx \phi$.

Sehingga nilai,

$$dy = BB_1 \cos \phi$$

$$dz = BB_1 \sin \phi$$

Garis BB_1 setara dengan garis lengkung lingkaran BB_1 yang besarnya sama dengan $r_\varphi \cdot d\varphi$.

Setelah dimasukkan dalam rumus di atas diperoleh

$$dy = r_\varphi \cos \varphi d\varphi. \quad (32)$$

$$dz = r_\varphi \sin \varphi d\varphi. \quad (33)$$

Nilai sudut φ berkisar antara 0° sampai sudut θ° . Bila $\theta = 0$, $y_\theta = 0$ dan $z_\theta = z_B$, maka nilai koordinat;

$$y_m = y_\theta - r_\theta \sin \theta. \quad (34)$$

$$z_m = z_\theta + r_\theta \cos \theta.$$

Nilai x_θ , y_θ dan z_θ adalah koordinat gaya apung pada saat terjadinya kemiringan pada bidang transversal.

4.6.2 Lengan Penegak Dan Tinggi Metacenter

Gambar 20 merupakan bentuk pembesaran ukuran dari gambar 19.

Lengan penegak pada sudut miring besar mempunyai rumus yang diturunkan dari,

$$GZ = B_0Q + QR - B_0E.$$

sedang nilai-nilai B_0E , QR , B_0E menurut gambar 20 adalah,

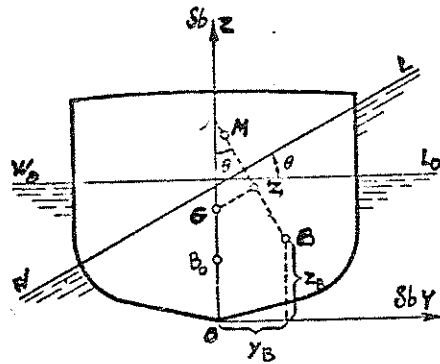
$$B_0Q = y_\theta \cos \theta; \quad QR = (z_\theta - z_B) \sin \theta;$$

$$B_0E = B_0G \sin \theta; \quad B_0P = y_\theta; \quad PB_1 = z_\theta - z_B.$$

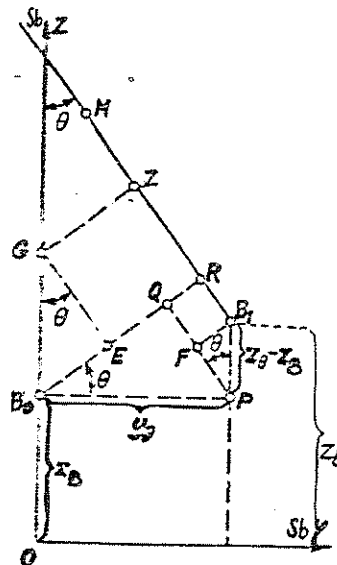
Apabila nilai-nilai di atas dimasukkan ke GZ , diperoleh ;

$$GZ = y_\theta \cos \theta + (z_\theta - z_B) \sin \theta - B_0G \sin \theta \quad (35)$$





Gambar 19. Kapal yang mengalami kemiringan sudut besar (SEMYONOV, V. et. al.).



Gambar 20. Komponen-komponen pembentuk lengan penagak (SEMYONOV, V. et. al.).

Bila rumus (35) dideferensialkan terhadap sudut kemiringan, akan diperoleh persamaan :

$$\frac{dGZ}{d\theta} = \frac{dy_{\theta}}{d\theta} \cos \theta - y_{\theta} \sin \theta + \frac{dz_{\theta}}{d\theta} \sin \theta + (z_{\theta} - z_B) \cos \theta - B_0 G \cos \theta.$$

Dari persamaan (32) dan (33) dimasukkan ke hasil differensial $\frac{dGZ}{d\theta}$, diperoleh persamaan :

$$\frac{dGZ}{d\theta} = r_{\theta} - y_{\theta} \sin \theta + (z_{\theta} - z_B) \cos \theta - B_0 G \cos \theta. \quad (36)$$

Dalam posisi kapal tegak $\theta = 0$ dan $\sin \theta = 0$, sedang nilai $\cos \theta = 1$, $y_{\theta} = 0$, $z_{\theta} = z_B$ dan $r_{\theta} = r_0$. Selanjutnya nilai differensial menjadi,

$$\left(\frac{dGZ}{d\theta}\right)_{\theta=0} = r_0 - B_0 G = GM. \quad (37)$$

Jadi ada hubungan antara lengan penegak dengan tinggi metacenter. Hubungan ini berupa differensial pertama dari persamaan GZ pada sudut miring $\theta = 0$.

4.6.3 Lengan Stabilitas Dinamis

Lengan stabilitas dinamis adalah suatu besaran yang diukur dari perbedaan nilai BG pada saat kapal tegak dan nilai ZB_1 waktu kapal miring (gambar 21).

Bila digandakan dengan nilai W, merupakan usaha (the work done) dari momen penegak selama kapal senget dari nol derajat sampai mencapai suatu sudut senget θ .

SEMYONOV, et. al. menjelaskan bahwa besarnya usaha selama kapal miring, dapat dinyatakan dengan kopel penegak yang diketahui dari teori mekanika, dinyatakan sebagai hasil dari momen kopel dan sudut putaran dalam radian. Momen penegak adalah suatu kuantitas yang selalu berubah, sesuai dengan sudut miringnya,

karena itu dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$dU = M_{rt} d\theta = W \cdot GZ \cdot d\theta.$$

dU = hasil usaha yang kecil, sesuai dengan sudut $d\theta$.

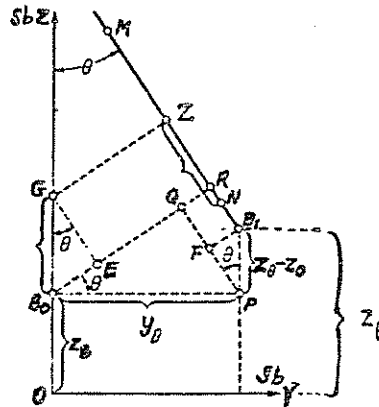
$$U = \int_0^{\theta} M_{rt} d\theta = W \int_0^{\theta} GZ \cdot d\theta. \quad (38)$$

sedangkan U merupakan hasil penggandaan antara W dan lengan stabilitas dinamis (a).

$$U = W \times a. \quad (39)$$

sehingga nilai a sama dengan,

$$a = \int_0^{\theta} GZ \cdot d\theta. \quad (40)$$



Gambar 21 . Komponen-komponen pembentuk lengan stabilitas dinamis (SEMYONOV, et. al.).

Perbedaan nilai GB kapal pada saat tegak dan nilai GB kapal pada saat miring, dalam gambar dinotasikan sebagai $a = ZB_1 - ZN$ (dimana $ZN = B_0G$).

$$ZB_1 = GE + QP - FP.$$

Nilai-nilai yang diperoleh dari gambar 21 ialah,

$$GE = B_0G \cos \theta; \quad QP = y_\theta \sin \theta;$$

$$FP = (z_\theta - z_B) \cos \theta;$$

sehingga besarnya nilai lengan stabilitas dinamis dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$a = y_\theta \sin \theta - (z_\theta - z_B) \cos \theta - (1 - \cos \theta) B_0G. \quad (41)$$

Kalau lengan stabilitas dinamis dideferensialkan akan diperoleh persamaan,

$$a' = \frac{dy_\theta}{d\theta} \sin \theta + y_\theta \cos \theta - \frac{dz_\theta}{d\theta} \cos \theta + (z_\theta - z_B) \sin \theta - B_0G \sin \theta.$$

dengan menggunakan rumus (32) dan (33) ke rumus a' , maka didapat persamaan,

$$a' = y_\theta \cos \theta + (z_\theta - z_B) \sin \theta - B_0G \sin \theta.$$

persamaan ini adalah persamaan untuk mencari nilai GZ , jadi,

$$a' = GZ.$$

$$GZ' = GM.$$

$$a'' = GM. \quad (42)$$

4.7 Diagram Stabilitas Statis Dan Dinamis

Diagram stabilitas statis menggambarkan kurva $M_{rt}(\theta)$, karena $M_{rt}(\theta)$ merupakan hasil penggandaan dari $GZ(\theta)$ dengan W ; maka kurva juga dapat dibuat berdasarkan $GZ(\theta)$, sedang nilai W merupakan konstanta.

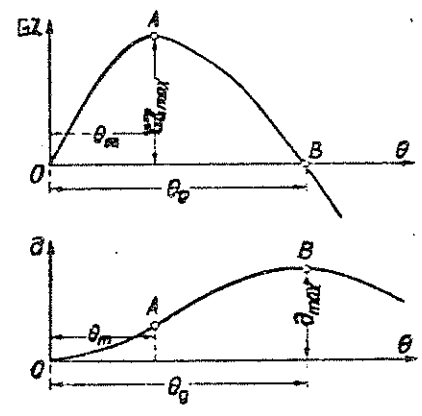
Diferensial $GZ(\theta)$ seperti dinyatakan dalam rumus (46) merupakan tinggi metacenter (GM).

Tinggi metacenter dapat ditentukan dengan membuat garis singgung pada kurva $GZ(\theta)$, selanjutnya dibuat garis lain yang sejajar sumbu θ sejauh 1 radian dari titik singgung pada kurva $GZ(\theta)$. Lalu ditarik garis tegak di ujung garis sejajar sumbu θ sampai memotong garis singgung kurva, GM akan diperoleh (gambar 23).

Diagram stabilitas dinamis menggambarkan kurva $U(\theta)$, dimana nilai $U(\theta)$ merupakan hasil penggandaan dari $a(\theta)$ dengan W , sedangkan nilai W merupakan nilai konstan, sehingga kurva dapat juga dibuat berdasarkan $a(\theta)$.

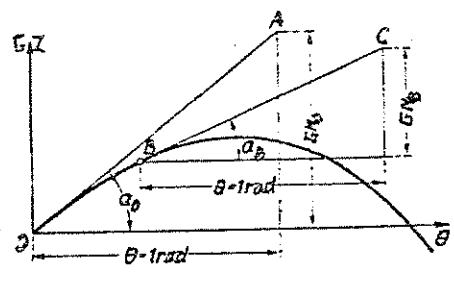
Garis singgung yang dibuat pada kurva $a(\theta)$ dan diukur 1 radian sepanjang sumbu θ , akan membentuk segmen garis tegak yang merupakan nilai GZ (gambar 24).

Pada gambar 22 ditunjukkan hubungan antara kurva stabilitas statis dan kurva stabilitas dinamis, gambar yang atas adalah kurva stabilitas statis dan yang bawah kurva stabilitas dinamis. Bila kurva stabilitas statis mencapai maximum, kurva stabilitas dinamis mencapai titik belok; sedangkan bila kurva stabilitas dinamis



Gambar 22. Diagram stabilitas statis dan stabilitas dinamis (SEMYONOV, V. et. al.).

mencapai nilai maximum, maka kurva stabilitas statis mempunyai GZ nol. Luas daerah yang di batasi oleh kurva stabilitas statis dan garis sumbu θ , merupakan integral dari kurva itu. Sehingga stabilitas dinamis dapat juga diterangkan oleh kurva stabilitas statis dengan menghitung luas bidang yang di batasi oleh kurva stabilitas statis.

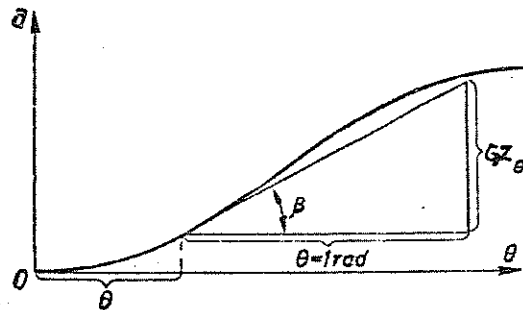


Gambar 23. Menentukan tinggi metacenter berdasarkan kurva stabilitas statis (SEMYONOV, V. et. al.).

1. Ditanya: mengapa sebagai standar nilai θ_m dan θ_p digunakan 10° dan 30° ?

2. Bagaimana pengaruh luas daerah yang di batasi oleh kurva stabilitas statis dan garis sumbu θ terhadap stabilitas dinamis?

3. Bagaimana pengaruh luas daerah yang di batasi oleh kurva stabilitas statis dan garis sumbu θ terhadap stabilitas dinamis?

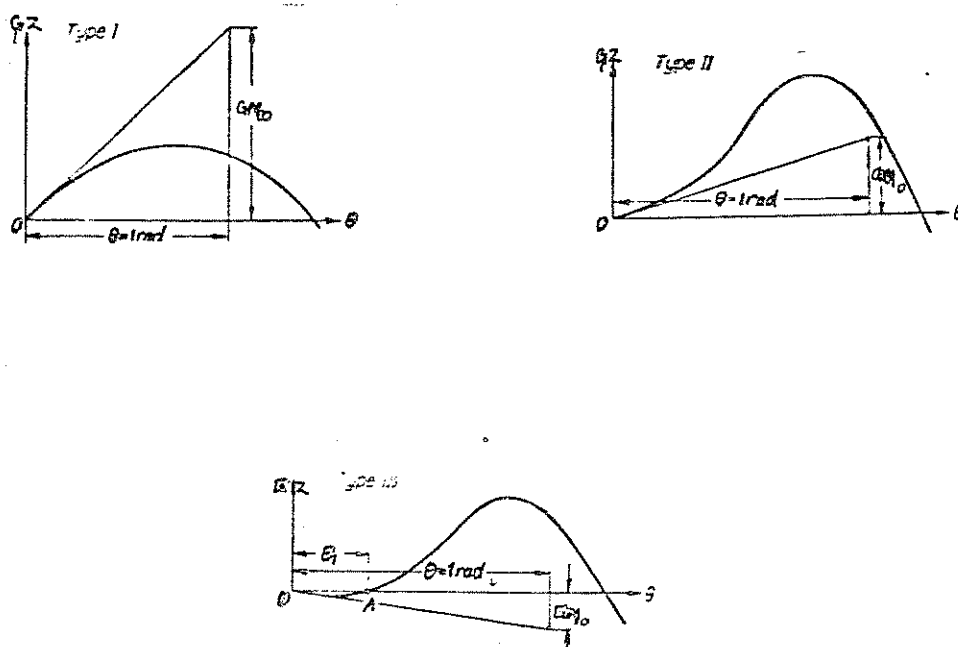


Gambar 24. Menentukan lengan penegak berdasarkan kurva stabilitas dinamis (SEMYONOV, V. et. al.).

Ada tiga bentuk kurva stabilitas statis (SEMYONOV, et. al.).

- 1) Bentuk pertama, merupakan bentuk yang sering dijumpai. Kurva ini hanya mempunyai satu titik belok pada titik nol, umumnya berbentuk parabol atau kurva sinusoidal. Range stabilitasnya berkisar antara 60 sampai 90 derajat, sedang tinggi metacenter awal berkisar antara 0,5 - 1,0 m.
- 2) Bentuk kedua, merupakan bentuk kurva yang mempunyai tinggi metacenter awal kecil (lebih kecil dari 0,4 m) dengan freeboard yang luas. Walaupun tinggi metacenternya kecil, tetapi mempunyai sudut miring yang besar. Mempunyai titik belok dan biasanya disebut kurva bentuk-S.
- 3) Bentuk ketiga, berhubungan dengan kapal yang mempunyai tinggi metacenter awal yang negatif. Kurva ini memotong sumbu θ pada sudut miring θ_1 , sehingga GZ negatif pada range $0 - \theta_1$ dan positif pada sudut miring $\theta > \theta_1$. Luas daerah yang di batasi kurva lebih kecil dari pada bentuk pertama atau kedua.

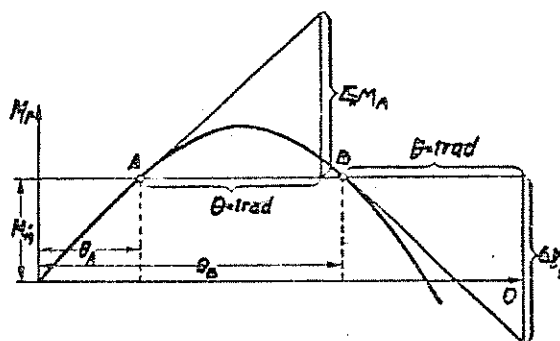
Pada posisi tegak kapal tidak stabil, karena tinggi metacenternya negatif. Kapal akan stabil kalau mencapai sudut miring θ_1 .



Gambar 25. Tiga bentuk kurva stabilitas statis (SEMYONOV, V. et. al.).

4.8 Penggunaan Diagram Stabilitas Statis Dan Stabilitas Dinamis

Momen yang menyebabkan miringnya sebuah kapal disebut momen kemiringan M_h . Nilai momen kemiringan ini berlawanan dengan momen penegak, sehingga momen kemiringan selalu memperkecil kuantitas momen penegak.



Gambar 26. Hubungan antara Momen kemiringan dan momen penegak (SEMYONOV, V. et. al.).

Pada gambar 26, dijelaskan hubungan antara kurva momen kemiringan M_h berupa garis lurus yang sejajar dengan sumbu θ dan momen penegak M_{rt} , keduanya saling berpotongan pada dua titik keseimbangan A dan titik B.

Pada keseimbangan di titik A, bila sudut miring ditambah $\Delta\theta$, kapal akan kembali ke titik A, karena momen penegak lebih besar dari pada momen kemiringan. Apabila sudut miring dikurangi $\Delta\theta$, kapal akan dikembalikan oleh momen kemiringan pada posisi keseimbang-

an di titik A. Posisi ini disebut sebagai posisi keseimbangan stabil.

Pada keseimbangan titik B, kalau sudut $\Delta\theta$ merupakan tambahan miring bagi posisi B, kapal akan terbalik karena momen kemiringan lebih besar dari momen penegaknya. Sebaliknya bila sudut miring dikurangi sebesar $\Delta\theta$, posisi kapal tidak akan kembali pada keseimbangan di titik B, tetapi akan terus menuju ke titik keseimbangan di A. Hal ini terjadi karena momen penagak lebih besar dari pada momen kemiringan, keadaan kapal pada posisi keseimbangan B merupakan posisi keseimbangan tidak stabil.

Seandainya momen kemiringan pada diagram stabilitas statis, besarnya sampai menyinggung puncak kurva M_{rt} , bila ditambah $\Delta\theta$ kapal akan terbalik dan bila dikurangi sebesar $\Delta\theta$ kapal akan tegak kembali ke posisi semula. Jadi titik maximum M_{rt} , merupakan batas dari posisi keseimbangan kapal.

Pada titik A tinggi metacenter positif, sedang pada posisi B tinggi metacenter negatif. Maka pada posisi B kapal mempunyai stabilitas yang tidak stabil.

Dapat di simpulkan bahwa, kalau $M_h = M_{rt}$ terletak disebelah kiri dari puncak kurva, kapal mempunyai keseimbangan yang stabil. Sebaliknya kalau $M_h = M_{rt}$ terletak di sebelah kanan puncak kurva M_{rt} , kapal akan mempunyai keseimbangan yang tidak stabil (SEMYONOV, et al.).

Sebuah kapal yang tegak, mengalami miring karena bekerjanya momen kemiringan, akan mendapat hambatan dari momen penegak yang mengembalikan kapal ke posisi tegak kembali. Kalau kapal dianggap silinder, maka energi kinetis putaran kapal besarnya sama dengan selisih usaha dari kopel kemiringan dan kopel penegak. Rumusnya sebagai berikut :

$$E_k = \Delta U$$

$$\frac{1}{2} \cdot I w^2 = \int_0^{\theta} M_h d\theta - \int_0^{\theta} M_r d\theta. \quad (43)$$

E_k = Energi kinetis kapal.

I = Momen enersia massa kapal terhadap sumbu longitudinal yang melalui pusat gaya berat kapal.

w = Kecepatan sudut.

Kalau w sama dengan nol, maka :

$$\int_0^{\theta d} M_h \cdot d\theta = \int_0^{\theta d} M_r \cdot d\theta. \quad (44)$$

θd = sudut limit integral tertinggi, sudut ini disebut sudut miring dinamis.

Rumus (44) berlaku untuk M_h yang tidak konstan, sedang untuk rumus M_h konstan sebagai berikut :

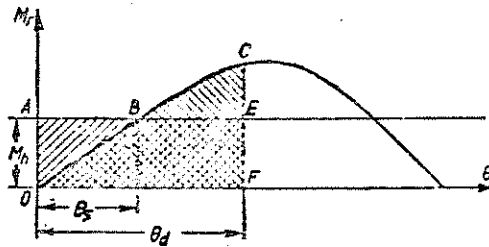
$$M_h \theta d = \int_0^{\theta d} M_r \cdot d\theta. \quad (45)$$

Perhatikan gambar 29, momen kemiringan yang konstan. Sehingga rumus (45) dapat dijelaskan sebagai,

$$M_h \theta d = \text{luas OAEF}; \quad \int_0^{\theta d} M_r d\theta = \text{luas OBCF}.$$

Luas OBEF merupakan luas yang dimiliki oleh kedua kurva, sehingga rumus biasanya di tulis ;

$$\text{luas OAB} = \text{luas BCE}.$$



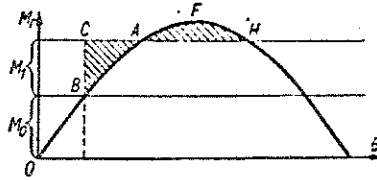
Gambar 27. Kurva Momen kemiringan konstan dan kurva momen penegak (SENYOKOV, V. et. al.).

Dari teori diatas, sekarang kita gunakan untuk mengetahui praktisnya. Misalnya di kapal terjadi perubahan letak benda secara transversal, momen miring yang ditimbulkan besarnya M_0 (konstan). Selanjutnya terjadi lagi momen kemiringan karena bekerjanya angin sebesar M_1 , dengan arah miring searah M_0 . Susunan momen-momen ini dapat dilihat pada gambar 28, maka persamaannya adalah,

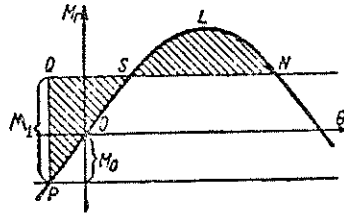
$$\text{luas BCA} = \text{luas AFH}.$$

Bila arah kerja momen miring angin berlawanan dengan momen M_0 , maka persamaannya dihitung seperti pada gambar 29. Rumus luasnya adalah,

$$\text{luas PQS} = \text{luas SLN}.$$



Gambar 28. Besarnya momen pemindahan transversal ditambah momen kemiringan angin. (SEMYONOV, V. et. al.).



Gambar 29. Besarnya momen pemindahan transversal berlawanan dengan momen kemiringan angin (SEMYONOV, V. et. al.).

Dalam praktek untuk mencari nilai suatu sudut miring dinamis (θ_d), relatif lebih mudah menggunakan diagram stabilitas dinamis, dari pada menggunakan diagram stabilitas statis.

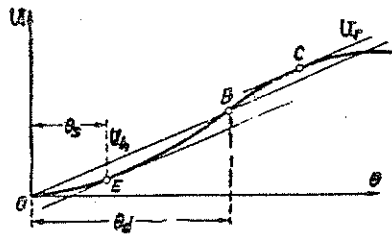
Cara menentukan θ_d dari usaha kopel kemiringan dan kopel penegak dapat dijelaskan dengan diagram stabilitas dinamis.

$$\text{Rumus usaha kopel miring : } U_h = \int_0^{\theta} M_h d\theta.$$

$$\text{Rumus usaha kopel penegak : } U_r = \int_0^{\theta} M_{rt} d\theta.$$

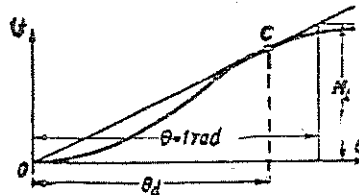
Rumus-rumus ini hanya berlaku untuk keadaan kapal dari posisi tegak ke posisi miring.

Pada gambar 30 terlihat bahwa usaha dari suatu momen kemiringan, yang tidak dipengaruhi oleh sudut miring, digambarkan sebagai garis lurus melandai melalui titik nol dan memotong kurva U_r di B. Kurva stabilitas dinamis juga menggambarkan sudut miring dinamis θ_d , untuk momen kemiringan yang tidak dipengaruhi sudut miring kapal, pada saat nilai U_h sama dengan nilai U_r .



Gambar 30. Kurva stabilitas dinamis (SEMYONOV, V. et. al.).

Titik C merupakan titik dimana kapal mengalami posisi keseimbangan yang tidak stabil. Sedang titik E merupakan keadaan dimana kapal mempunyai Momen kemiringan yang sama besarnya dengan Momen penegak.



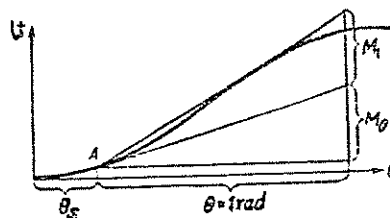
Gambar 31. Menentukan momen kemiringan dengan kurva stabilitas dinamis (SEMYONOV, et al.).

Dengan menggunakan diagram stabilitas dinamis dapat ditentukan besarnya batas usaha momen kemiringan yang mampu membuat kapal terbalik.

Dari kurva stabilitas dinamis pada gambar 31, dibuat garis singgung atau tangensial kurva yang melalui titik nol. Kemudian tentukan segmen garis sejajar sumbu θ yang mempunyai panjang satu radian, dari ujung segmen garis inilah dibuat garis tegak yang diperoleh merupakan batas usaha momen kemiringan yang mampu membuat kapal terbalik, bila lebih kecil dari batas ini kapal tidak akan terbalik.

Absis titik C merupakan batas sudut miring dinamis (θ_d), pada sudut inilah kapal terbalik.

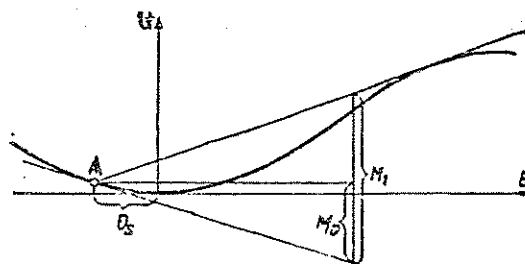
Untuk menentukan penjumlahan momen pemindahan transversal dan momen kemiringan angin yang konstan (gambar 28 dan 29) dapat dijelaskan dengan kurva stabilitas dinamis (gambar 32 dan 33).



Gambar 32. Momen pemindahan benda transversal dan momen kemiringan angin yang searah, pada kurve Stabilitas dinamis. (SEMYOKOV, V. et al.).

Titik A merupakan titik keseimbangan antara M_{rt} dan M_h pada sudut sebesar θ_s , bila dibuat garis singgung pada titik A di kurva $U_r(\theta)$. Dengan melotakkan garis tegak pada ujung segmen garis sejajar sumbu θ , yang panjangnya satu radian, hingga memotong garis singgung kurva; selanjutnya nilai M_0 didapat. Momen kemiringan angin M_1 yang searah dengan arah kemiringan F_0 , dilukiskan dengan menarik garis singgung dari titik A ke kurva $U_r(\theta)$. Perpanjang garis tegak M_0 sehingga memotong garis singgung kedua, maka batas momen kemiringan angin adalah M_1 .

Kalau arah angin yang menyebabkan kapal miring berlawanan dengan arah kemiringan akibat pemindahan benda secara transversal, cara menentukan penjumlahan dua momen ini sama seperti diatas. Hanya sudut θ_s -nya diletakkan di sebelah kiri sumbu U , seperti terlihat pada gambar di bawah ini (33).



Gambar 33. Momen pemindahan benda transversal dan momen kemiringan angin yang arahnya berlawanan, pada kurva Stabilitas dinamis.

4.9 Gaya-Gaya Penyebab Kemiringan

Menurut KURT WENDEL (1960), ada beberapa gaya yang menyebabkan kapal miring yaitu :

- 1) Pemindahan cargo atau benda-benda lainnya.
- 2) Penambahan atau pengurangan berat benda yang ada di kapal.
- 3) Gaya-gaya sentrifugal pada saat kapal turning.
- 4) Permukaan bebas zat cair karena tanki-tanki tidak terisi penuh.
- 5) Tekanan angin.
- 6) Perubahan lengan penegak oleh pengaruh gelombang.
- 7) Menarik beban secara transversal.
- 8) Benda-benda yang tergantung.

4.9.1 Pemindahan Cargo atau Benda-benda Yang Ada di Kapal

Ditinjau dari segi stabilitas kapal, bentuk pemindahan cargo di kapal tidak hanya berupa barang saja. Tetapi dapat berupa awak kapal yang berdiri pada satu sisi kapal pada saat menarik jaring, memindahkan hasil tangkapan dari deck atas ke fish hold dan lain-lainnya. Hal yang perlu diperhatikan adalah posisi benda yang di pindahkan dan jarak pemindahan benda itu, posisi benda yang berubah akan mengubah letak pusat gaya berat kapal.

Dalam gambar 34. dapat dilihat pemindahan benda di bidang transversal dan pengaruhnya terhadap perubahan nilai lengan penegak GZ.

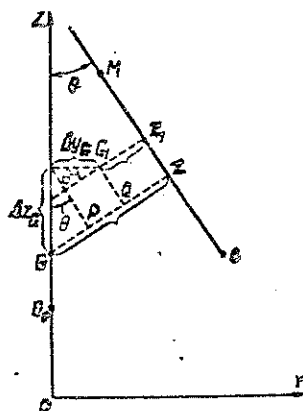
$$\Delta GZ = G_1 Z_1 - GZ = - (GP + PQ)$$

dimana nilai,

$$GP = \Delta z_G \sin \theta \quad PQ = \Delta y_G \cos \theta$$

sehingga nilai GZ menjadi,

$$\Delta GZ = - (\Delta z_G \sin \theta + \Delta y_G \cos \theta)$$



Gambar 34. Perubahan lengan penegak karena titik G berpindah ke titik G_1 . (SEMYONOV, V. et. al.).

Pemindahan benda secara transversal berarti nilai $x_G = 0$, sedangkan nilai :

$$\Delta y_G = \frac{W}{W} (y_1 - y_0)$$

$$\Delta z_G = \frac{W}{W} (z_1 - z_0)$$

dimana nilai w adalah benda yang dipindahkan dari posisi (x_0, y_0, z_0) ke posisi (x_0, y_1, z_1) , W adalah berat kapal, Δy_G perubahan horizontal dan Δz_G perubahan vertikal pusat gaya berat kapal.

Rumus akhir untuk perubahan nilai lengan penegak dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Delta GZ = - \frac{w}{W} [(z_1 - z_0) \sin \theta + (y_1 - y_0) \cos \theta] \quad (46)$$

Untuk kapal pada posisi tegak $GZ = 0$, sedangkan untuk pemindahan benda secara vertikal saja $y_G = 0$ dan untuk pemindahan benda secara horizontal saja $z_G = 0$. (SEMYONOV et al.).

4.9.2 Penambahan atau Pengurangan Berat Benda Di Kapal

SEMYONOV et al. memberikan suatu rumus untuk menentukan GZ , akibat penambahan atau pengurangan berat benda yang ada di kapal. Bentuknya dapat berupa memuat atau memungkah ikan hasil tangkapan ke kapal, dapat juga akibat naik atau turunnya jaring dari kapal.

$$\Delta GZ = \frac{w}{W + w} \cdot (d + \frac{d}{2} - z_w) \sin \theta - GZ - y_w \cos \theta \quad (47)$$

dimana,

ΔGZ adalah perubahan nilai lengan penegak.

w adalah penambahan atau pengurangan berat benda di kapal pada koordinat (x_0, y_w, z_w) .

W adalah berat kapal sebelum penambahan atau pengurangan beban di kapal.

d draft kapal sebelum penambahan atau pengurangan beban.

θ sudut kemiringan kapal.

Perlu dicatat bahwa benda yang diangkat dari kapal, menyebabkan w negatif.

4.9.3 Gaya Sentrifugal Pada Saat Turning

Kemampuan turning kapal umumnya dinyatakan dengan waktu yang dibutuhkan untuk melingkar dan diameter turning circle. Setiap jenis kapal membutuhkan kemampuan turning yang baik, terutama pada kapal-kapal ikan. Seperti kapal penangkap ikan paus yang menggunakan harpoon, membutuhkan perputaran yang cepat untuk memburu ikan paus. Kapal-kapal purse seine membutuhkan waktu yang sesingkat mungkin untuk melingkarkan jaringnya (ANONIMOUS, 1974).

Tabel 6. Turning ability dari Purse Seiner.
(AYODHYOA, 1972).

L(m)	Waktu yang diperlukan untuk melingkar n° dari arah course semula		Diameter turning circle (n x L)
	n = 15°	n = 360°	
22	8 detik	80 detik	3,0
22	10 detik	90 detik	3,5

Kapal yang sedang turning membentuk sudut yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sin \theta = 0,268 \frac{v^2}{R} \times \frac{d}{GM} \quad (48)$$

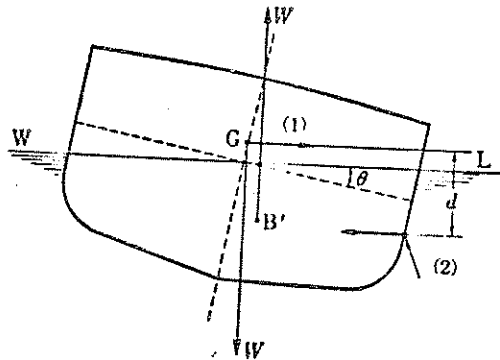
dimana,

V adalah kecepatan kapal (knot).

R adalah radius putaran (m).

d adalah jarak antara pusat gaya berat dan pusat

- tekanan hidraulik pada sisi kapal (m).
- GM adalah tinggi metacenter (m).
- θ adalah sudut kemiringan akibat turning.



- 1) Gaya sentrifugal
- 2) Pusat tekanan hidraulik.

Gambar 35. Kemiringan pada saat turning (ANONYMOUS, 1974).

KURT WENDEL (1960) menjelaskan rumus besarnya momen yang terjadi pada saat kapal turning, yang sifatnya mengurangi besarnya momen penegak kapal.

$$M_t = \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R} \times l \quad (49)$$

dimana,

- M_t adalah momen turning.
- R adalah radius putaran melingkar.
- v adalah kecepatan kapal.
- g adalah percepatan gravitasi.
- l adalah jarak antara pusat gaya berat dan pusat tekanan hidraulik.
- W adalah displacement ton.

Momen maksimum terjadi pada waktu diameter putaran mencapai empat kali panjang kapal, dengan kecepatan ka-

pal mencapai tiga per empat dari kecepatan maksimum kapal (KURT WENDEL, 1960).

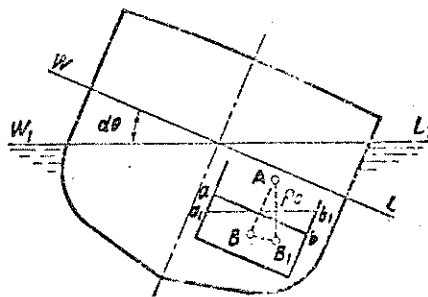
4.9.4 Pengaruh Permukaan Bebas Zat Cair

Kalau dalam sebuah tangki di kapal ada suatu zat cair seberat q yang dapat berpindah-pindah tempat karena tangki tidak terisi penuh, keadaan ini menimbulkan permukaan bebas dari berat cairan dalam tangki.

Bila kapal miring titik berat cairan akan berpindah sejajar dengan permukaan air laut, bila sudutnya kecil.

Momen kemiringan akibat adanya permukaan bebas zat cair ini, mengurangi besarnya momen penegak kapal.

Pada gambar 36 dapat dilihat suatu keadaan dimana garis ab sejajar WL , sedangkan garis a_1b_1 sejajar W_1L_1 .



Gambar 36. Permukaan bebas cairan dalam tangki di kapal (SEMYONOV, V. et. al.).

Besarnya momen senget ini dirumuskan sebagai berikut ;

$$\Delta M_h = q \times BB_1 \quad (50)$$

$$BB_1 = AB \cdot \sin \theta$$

$$BB_1 = AB \cdot \theta \quad (\theta = \text{sudutnya kecil})$$

$$AB = \frac{i}{v} \quad (51)$$

i adalah momen enersia permukaan bebas cairan dalam tangki terhadap sumbu centroidal tegak bidang miring.

v merupakan volume cairan dalam tangki.

$$BB_1 = \frac{i}{v} \cdot \theta \quad (52)$$

$$q = \delta_1 v \quad (53)$$

δ_1 berat jenis cairan dalam tangki.

Masukkan rumus (52) dan (53) ke rumus (50), maka rumus momen kemiringan dapat dihitung.

$$\Delta M_h = \delta_1 i \theta.$$

Selanjutnya momen penegak berubah menjadi,

$$M_{Rt} = W \cdot GM_t \cdot \theta - \delta_1 i \theta = W \left(GM - \frac{\delta_1 i}{\rho} \right) \theta \quad (54)$$

δ adalah berat jenis air laut.

Disini terlihat bahwa volume cairan dalam tangki tidak berpengaruh.

Pengaruh permukaan bebas berat cairan dalam tangki dapat dikurangi dengan membuat sekat-sekat di dalam tangki itu (SEMYONOV, et al.).

Momen enersia permukaan bebas dalam sebuah tangki terhadap sumbu centroidal longitudinal sama dengan momen enersia empat persegi panjang dengan sisinya p dan b .



$$i = \frac{pb^3}{12} \quad \text{dimana } p = \text{panjang, } b = \text{lebar.}$$

bila ruangan tangki disekat menjadi n ruangan, maka momen enersia empat persegi panjang menjadi :

$$i_n = \frac{p}{12} \left(\frac{b}{n}\right)^3 \quad (55)$$

Masukkan nilai i_n ke rumus (54) menggantikan nilai i , sehingga rumus (54) berubah setelah tanki disekat. Momen penagak menjadi lebih besar dengan adanya sekat.

$$M_{rt} = W \left[GM - \frac{\delta_1}{\delta} \frac{p}{12V} \left(\frac{b}{n}\right)^3 \right] e \quad (56)$$

4.9.5 Tekanan Angin

KURT WENDEL (1960) menjelaskan, bahwa besarnya momen yang ditimbulkan oleh angin pada satu sisi kapal dapat dirumuskan seperti di bawah ini.

$$M_w = \rho_a / 2 \cdot V_w^2 \cdot A \cdot d \cdot \xi_w \quad (57)$$

dimana,

M_w = adalah momen kemiringan oleh angin.

ρ_a = adalah densitas udara.

V_w = adalah kecepatan angin, yang menurut skala Beaufort 6, 8, 10, 12 masing-masing sama dengan 23, 35, 50, 58 knot atau 12, 18, 25, 30 m/detik.

Kadang-kadang mencapai 60 m/detik.

A = luas badan kapal yang terkena tekanan angin.

d = jarak antara pusat tekanan angin dan pusat te-

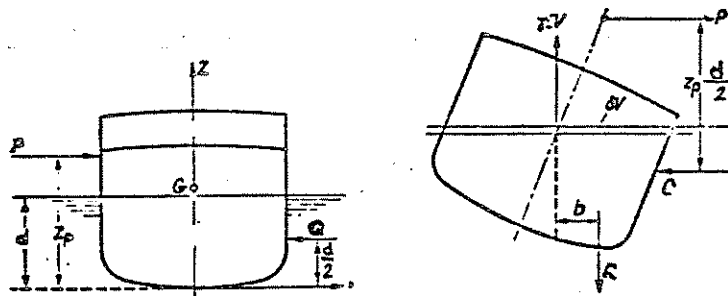
kanan air, dalam praktek adalah jarak vertikal antara pusat area terkena angin dan titik pada setengah draft kapal.

ξ_w = koefisien tekanan angin; nilainya menurut WENDEL (1960) adalah 1,3.

Menurut SEMYONOV, et al., rumus momen kemiringan oleh angin dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M_w = P \left(z_p - \frac{d}{2} \right) \pm R \cdot b \quad (58)$$

Dalam gambar 37. dapat dilihat bahwa gaya-gaya $P = - Q$, yang membentuk kopel sehingga cenderung memiringkan kapal.



Gambar 37. Tekanan angin terhadap kapal (SEMYONOV, et al.).

Akibat bekerjanya kopel tersebut, maka timbul kopel lagi yaitu $R = - \gamma \delta V$. Kopel ini sifatnya dapat membuat kapal tambah miring atau mengembalikan kapal ke posisi tegak, tergantung pada perbandingan $\frac{B}{d}$ dan bentuk bagian kapal yang tercelup. z_p adalah ordinat dari titik dimana gaya P bekerja dan b adalah jarak horizontal antara titik tangkap gaya-gaya R dan $\gamma \delta V$.

bila,

$$\Delta = \frac{R}{P} \frac{b}{d}$$

maka rumus (58) dapat berubah menjadi,

$$M_w = P [z_p - d(0,5 \pm \Delta)] \quad (59)$$

Nilai positif di depan Δ terjadi kalau $\frac{B}{d}$ dan coefficient of fullness δ -nya besar, akan minus bila nilai $\frac{B}{d}$ dan δ -nya kecil.

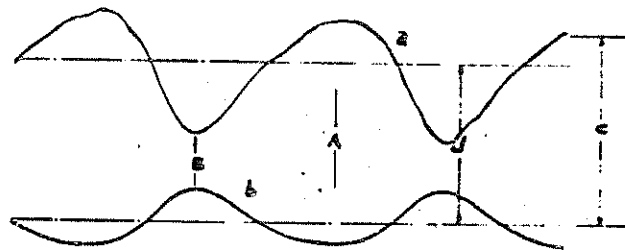
4.9.6 Pengaruh Gelombang

Umumnya gelombang mengurangi lengan penegak, oleh karena itu pengurangan ini dapat di masukkan sebagai bagian dari gaya-gaya penyebab kemiringan kapal (KURT WENDEL, 1960).

GRIM (1951) di dalam WALTER MOCKEL (1955) mengatakan bahwa keadaan bahaya akan muncul bila kecepatan gelombang sama dengan kecepatan kapal atau gelombang menyusul kapal secara perlahan-lahan sehingga timbul keadaan statis dan kapal terletak pada puncak gelombang. Dalam posisi ini lengan penegak dan derajat stabilitas statis berkurang sangat besar sehingga kapal dapat terbalik. Stabilitas berkurang bila kapal bergerak pada puncak gelombang, dibandingkan kalau kapal di air tenang, tetapi akan bertambah bila kapal berada di lembah gelombang.

Gambar 38. menjelaskan hasil catatan model test, dimana model miring 30° , kecepatan gelombang sama dengan kecepatan kapal dan perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang adalah 1 : 20.

Gambar itu tidak hanya menjelaskan perubahan lengan penegak pada periode penyusulan gelombang tetapi juga nilai rata-rata lengan penegak yang dibandingkan dengan lengan penegak di air tenang.



Gambar 38. Momen penegak yang diukur dari model test (KURT WENDEL, 1960).

Penjelasan,

A adalah lembah gelombang pada amidship.

B adalah puncak gelombang pada amidship.

a adalah momen penegak.

b adalah tinggi gelombang.

c adalah lengan penegak di air tenang sebagai pembanding.

d adalah lengan penegak rata-rata di laut.

4.10 Kriteria Stabilitas

Pertanyaan yang harus dijawab mengenai berapa sebenarnya batas stabilitas yang cukup memuaskan telah lama dibicarakan, yaitu sejak orang mengetahui benda dapat mengapung di air sampai sekarang ini.

Semua pertanyaan yang timbul hanya dapat dijawab dengan melakukan berbagai percobaan.

GEORGE C. NICKUM, (1955) menjelaskan bahwa kriteria stabilitas untuk kapal-kapal ikan haruslah :

- 1) Tidak perlu menggunakan kriteria yang rumit dan teliti serta biaya yang mahal.
- 2) Test tentang stabilitas kapal ikan mudah dilakukan oleh siapa saja yang ingin mengetahuinya.

Ahli ini memberikan kriteria yang dimaksud sebagai berikut :

- 1) Kapal ikan yang beroperasi dalam cuaca buruk sebaiknya mempunyai sifat-sifat berikut ini :
 - a) GM sama atau lebih besar dari $\frac{B}{10}$ atau 2 ft (61 cm).
 - b) $\frac{F}{B} + \frac{FA}{L \times B}$ sama atau lebih besar dari 0,15.

dimana,

GM adalah tinggi metacenter.

B maksimum beam pada waterplane.

F freeboard yang di ukur pada amidship.

FA luasnya freeboard diantara waterline dan freeboard deck pada sisi kapal.

L panjang kapal.



2) Pelaksanaan sifat-sifat di atas haruslah diuji dalam kondisi operasi yang paling jelek.

GM dihitung dengan periode oleng, rumusnya sebagai berikut :

$$GM_{ft} = \left(\frac{m_1 \cdot B}{t} \right)^2$$

dimana, $m_1 = 0,40$; t = waktu oleng dalam detik.

TAKAGI, A. (1960) mengatakan bahwa sangat sulit untuk memenuhi suatu nilai lengan stabilitas statis yang lebih besar dari 0,66 ft. (200 mm) pada kemiringan 30° atau 40° seperti diusulkan oleh Rahola.

Ahli ini mengusulkan suatu kriteria yang sederhana untuk menentukan stabilitas kapal ikan, berdasarkan studi statistik dari 96 kapal ikan yang diklasifikasikan menjadi enam bentuk kapal baja dan enam bentuk kapal kayu, dimana masing-masing bentuk terdiri dari 8 buah kapal. Kriteria yang di usulkan untuk kapal ikan disebut "safety index number" (C), rumusnya sebagai berikut :

$$C = \frac{GM \times 2F}{BG \times B}$$

dimana,

C = safety index number (m).

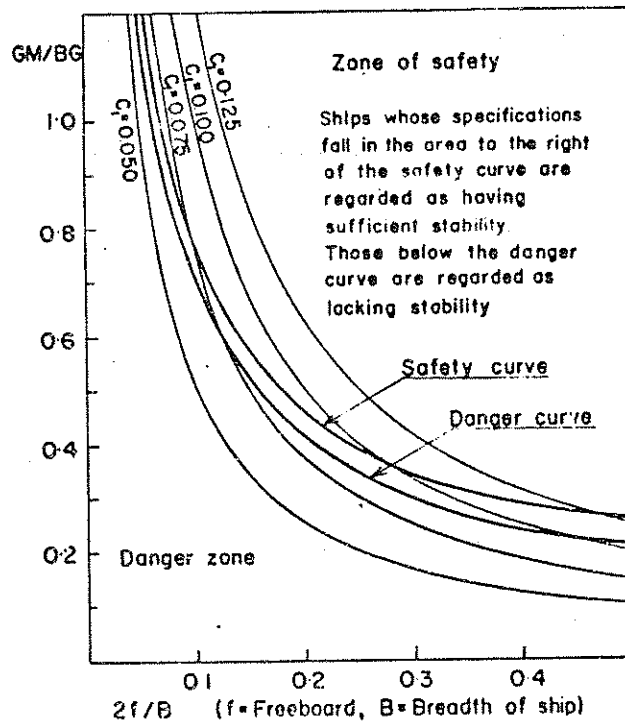
GM = tinggi metacenter (m).

F = tinggi freeboard (m).

B = lebar kapal (m).

BG = lengan stabilitas dinamis (m).

Dari hasil percobaan TAKAGI menyimpulkan bahwa nilai C dalam kondisi bermuatan adalah 0,075 dan dalam keadaan kosong adalah 0,100 (lihat gambar 39).



Gambar 39. Kriteria stabilitas untuk kapal Jepang yang diusulkan TAKAGI. (Fishing Boats of The World II).

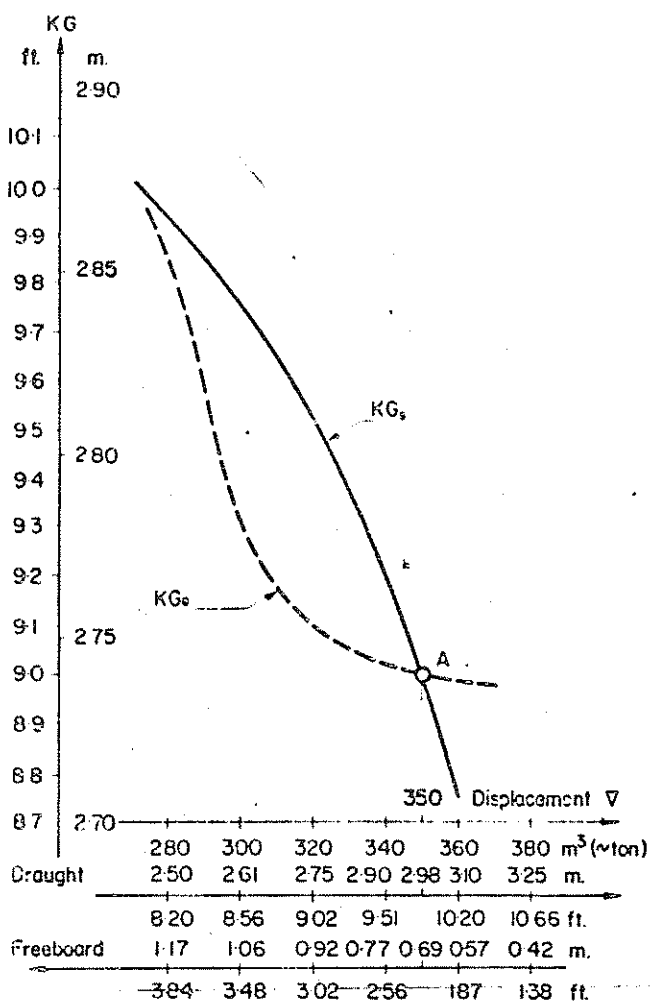
OLGIERD JABLONSKI (1960) menjelaskan bahwa nilai stabilitas minimum kapal ikan dengan metode analisa perubahan tinggi pusat gaya berat kapal (KG) dihubungkan dengan displacement, dapat ditentukan. Metode ini mempunyai dua kuantitas yang mempengaruhinya yaitu :

- 1) Kurva tinggi maksimum pusat gaya berat untuk suatu

syarat stabilitas tertentu (KG_s).

- 2) Kurva tinggi maksimum pusat gaya berat dalam kondisi sedang beroperasi (KG_o).

Perpotongan kedua kurva ini menentukan displacement maksimum, selanjutnya freeboard minimum dapat ditentukan (gambar 40).



Gambar 40. Kurva-kurva KG_s dan KG_o untuk berbagai displacement. (Fishing Boats of The World II).

DE WIT, J. G. (1955) menerangkan bahwa standard stabilitas yang berlaku di Netherland ditetapkan berdasarkan hasil penelitian RAHOLA. Sedangkan hasil penelitian RAHOLA merupakan revisi dari teori yang dikemukakan BENJAMIN (1913) dan PIERROTTE (1935).

RAHOLA, J. (1939) di dalam DE WIT, J. G. (1955) dan RAHOLA (1960) mengatakan bahwa kriteria stabilitas kapal harus ditentukan berdasarkan pada kurva stabilitas statis dan kurva stabilitas dinamis.

Kriteria Rahola dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a) Nilai-nilai lengan penegak minimum adalah 140 mm pada sudut miring 20° dan minimum 200 mm pada sudut 30° .
- b) Sudut kritis yaitu sudut dimana kurva stabilitas statis mencapai nilai maksimum harus lebih besar dari 35° .
- c) Lengan stabilitas dinamis pada sudut yang diizinkan kemiringannya harus mempunyai nilai sama atau lebih besar dari 80 mm.

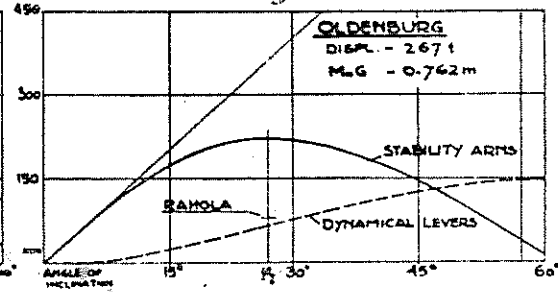
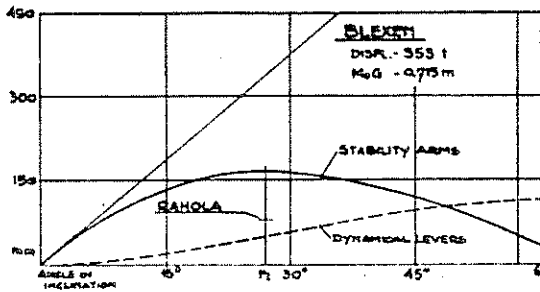
Sedangkan sudut yang diizinkan kemiringannya adalah :

- sudut yang lebih kecil dari sudut kurva stabilitas statis mencapai nilai GZ maksimum.
- atau lebih kecil dari 40° .

Pada gambar 41. ditunjukkan dua belas buah kurva stabilitas statis dan stabilitas dinamis yang dianalisa kestabilannya, berdasarkan kriteria RAHOLA.

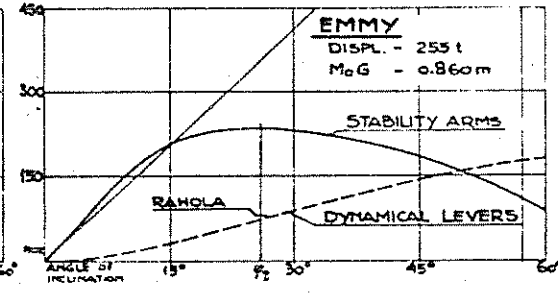
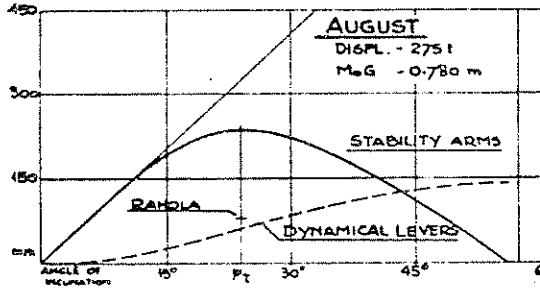


CRITICAL



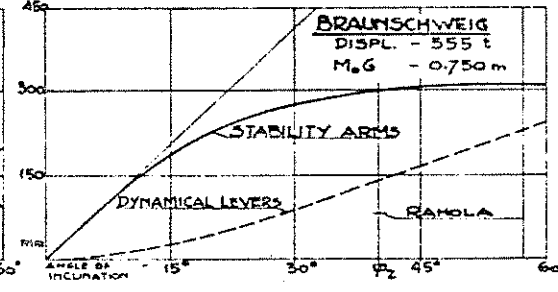
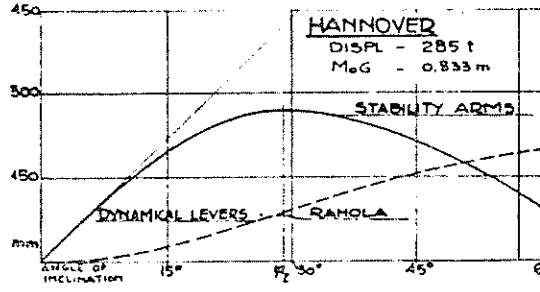
CRITICAL

CRITICAL



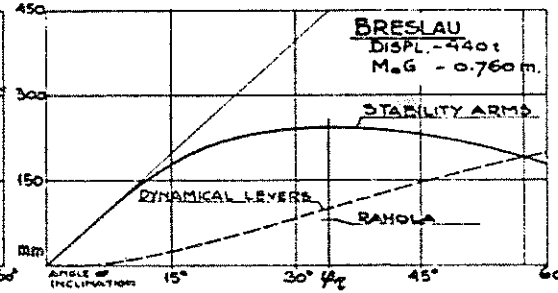
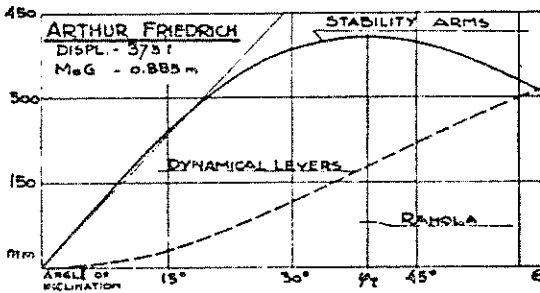
CRITICAL

SUFFICIENT



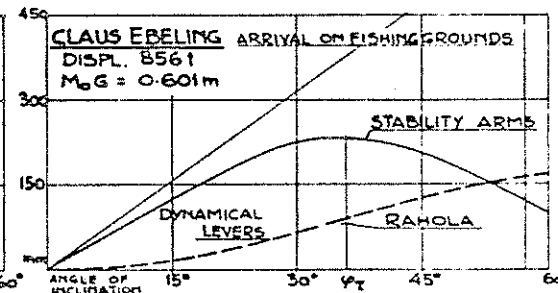
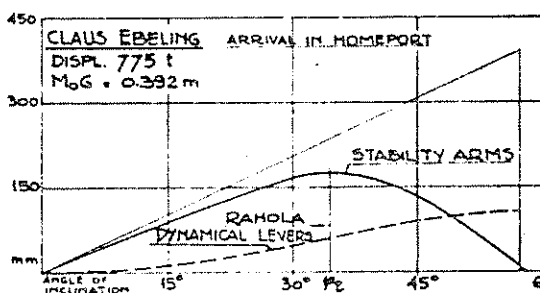
SUFFICIENT

SUFFICIENT



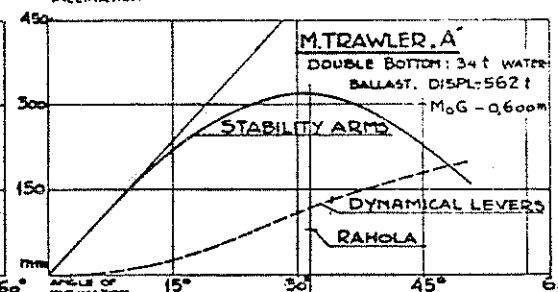
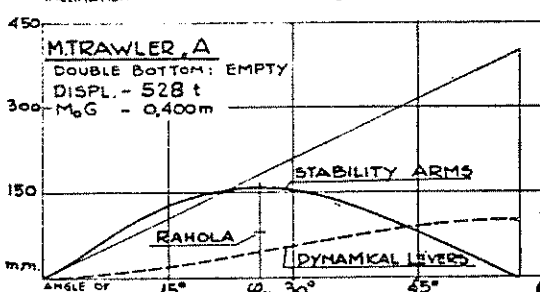
SUFFICIENT

CRITICAL



SUFFICIENT

CRITICAL



SUFFICIENT

Gambar 41. Data stabilitas statis dan stabilitas dinamis dari beberapa kapal ikan (Fishing Boats of The World I).

5 KESIMPULAN

Kapal-kapal perikanan yang berangkat dan kembali dari fishing ground, mengalami berbagai bentuk perilaku laut dan perubahan-perubahan cuaca yang dapat membahayakan kapal. Selain itu masih ada peristiwa pengurangan persediaan bahan makanan, bahan bakar dan minyak pelumas serta penambahan hasil tangkap.

Distribusi dan penyusunan barang-barang atau perlengkapannya yang ada, sangat besar pengaruhnya terhadap stabilitas kapal tersebut.

Keadaan yang dialami kapal-kapal perikanan di atas merupakan gaya-gaya yang dapat menimbulkan kemiringan kapal atau lebih umum disebut sebagai gaya-gaya eksternal yang menyebabkan kemiringan kapal.

Gaya-gaya eksternal kapal ini diimbangi oleh gaya yang dapat mengembalikan kapal ke posisi tegak.

Supaya kapal mencapai suatu keadaan yang mampu meniadakan gaya-gaya eksternal, haruslah mempunyai stabilitas yang cukup.

Penelitian yang telah dilakukan menjelaskan bahwa kapal kembali pada posisi tegak, bila besarnya nilai momen penegak lebih besar atau sama dengan besarnya momen kemiringan, penelitian tentang besarnya nilai stabilitas kapal perikanan minimum dan berlaku di bumi In-

donesia ini katakanlah masih sangat sedikit, seandainya kita menolak bahwa penelitian tentang stabilitas kapal perikanan Indonesia belum ada.

Tulisan ini hanyalah suatu pendahuluan saja, sehingga perlu adanya penelitian lanjutan tentang stabilitas kapal perikanan, terutama untuk small fishing boats yang sebagian besar dimiliki oleh nelayan-nelayan kita.

Semua langkah ini dilakukan demi menjaga kelangsungan dan peningkatan produksi perikanan; yang akan menunjang pembangunan, meningkatkan kesejahteraan dan kehidupan bangsa, menuju masyarakat adil dan makmur.



DAFTAR PUSTAKA

- ANONYMOUS, 1974 Textbook of Fishing Boat. Japan International Cooperation Agency.
- _____, 1976 Kebutuhan Terhadap Industri Perkapalan Yang Stabil Dalam Pengembangan Perikanan. Di dalam Seminar Pengembangan Pendidikan Tinggi Teknologi Perkapalan dan Industri Maritim. Fakultas Teknik Perkapalan. Institut Teknologi 10 Nopember Surabaya. Surabaya.
- _____, 1978 Rencana Pengembangan Pertanian PELITA III. Departemen Pertanian R.I. Jakarta.
- AYODHYOA, 1972 Suatu Pengenalan Tentang Fishing Boat. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- DE WIT, J. G., 1955 Safety at Sea Regulation in Netherlands. (Fishing Boats of The World I).
- HANLIN, C. and CHRISTOPHER TUPPER, 1976 Elementari Naval Architecture For Workers in Marine Fields. Ocean Research Corporation. Kennebunk, Maine. USA.
- HANSON, H. C., 1955 Naval Architecture-Discussion. (Fishing Boats of The World I).
- HIND, J. ANTHONY, 1967 Stability and Trim of Fishing Vessels. Fishing News (Books) Ltd. London.
- JABLONSKI, O., 1960 A Method to Determine Freeboard in Relation to Stability. (Fishing Boats of The World II).



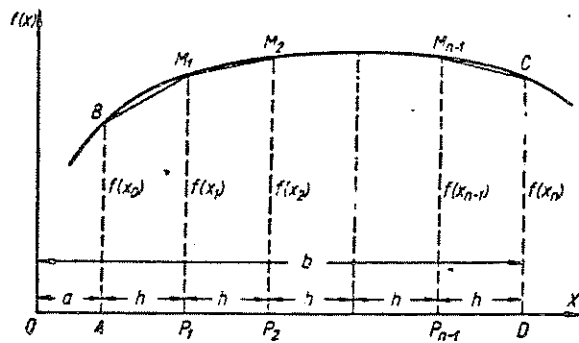
- KEMP and YOUNG, 1977 Ship Stability Notes and Examples.
Stanford Maritime Ltd. London.
- LAEVASTU and JOHNSON, 1971 Application of Oceanographic
and Meteorologis Analyses/Forecast in Fisheries.
(Modern Fishing Gears of The World III).
- MILLER, W. C., 1960 Causes of Accidents. (Fishing
Boats of The World II).
- MOCKEL, W., 1960 Behaviour of Trawler at Sea. (Fish-
ing Boats of The World II).
- NOMURA, 1975 Fishing Technigues. Japan International
Corporation. Tokyo.
- NICKUM, GEORGE C., 1955. Proposal Stability Criteria.
(Fishing Boats of The World I).
- RAHOLA, J., 1960 The Stability Paradox-Stability and Safe-
ty at Sea Discussion. (Fishing Boats of The
World II).
- TAKAGI, A., 1960 Notes on Stability. (Fishing Boats of
The World II).
- WENDEL, K., 1960 Safety from Capsizing. (Fishing Boats
of The World II).
- SEARS and ZEMANSKY, 1962 Fisika Untuk Universitas. Sadur-
an dari Soedarjana. Penerbit Binatjipta. Ban-
dung.
- SEMYONOV, V.; TYAN and SHANSKY. Statics and Dynamics of
The Ship. Translated from The Russian by Ma-
ria Konyaeva. Peace Publishers. Moscow.



LAMPIRAN - LAMPIRAN

1. Diambil sebagai salah satu sumber daya manusia yang memiliki kemampuan dan pengetahuan sumber :
a. Berprestasi tinggi atau kemampuan sendiri dan, sebaliknya, penguasaan kerja ilmiah, penelitian laporan, penelitian kritis atau tujuan untuk masalah
b. Memiliki tidak memiliki kemampuan yang wajar IPB University
2. Diambil menggunakan dan memperhatikan sebagai data sumber daya yang telah di dalam bentuk apapun terpa (a) IPB University

Lampiran 1. Rumus trapezoidal (SEMYONOV, V. et al.).



Dalam gambar di atas kita lihat ABCD, dimana AD merupakan dasarnya mempunyai panjang $b - a$. Selanjutnya AD dibagi menjadi interval yang sama sebanyak n buah, sehingga jarak tiap interval adalah,

$$h = \frac{b - a}{n}$$

Garis terputus-putus merupakan fungsi dari x , yaitu $f(x_1)$, $f(x_2)$, $f(x_{n-1})$, $f(x_n)$, dibentuklah trapezium-trapezium.

Jumlah seluruh trapezium-trapezium yang ada merupakan suatu nilai pendekatan terhadap luas di bawah kurva BC, sehingga kita peroleh :

$$\begin{aligned} \text{luas ABCD} &= \text{luas } ABM_1P_1 + M_1P_1M_2P_2 + \dots \\ &\dots + P_{n-1}M_{n-1}CD. \\ &= \frac{1}{2} [f(x_0) + f(x_1)]h + \frac{1}{2} [f(x_1) + f(x_2)]h \\ &+ \dots + \frac{1}{2} [f(x_{n-1}) + f(x_n)]h. \end{aligned}$$

Akhirnya pendekatan rumus untuk mempermudah perhitungan integral adalah :

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{b-a}{n} \left[\frac{1}{2} f(x_0) + f(x_1) + f(x_2) + \dots \dots \dots + f(x_{n-1}) + \frac{1}{2} f(x_n) \right].$$

Jadi rumus akhir diperoleh,

$$\int_a^b f(x) dx = h \left[f(x_0) + f(x_1) + \dots \dots \dots + f(x_n) - \frac{f(x_0) + f(x_n)}{2} \right]$$

Lampiran 2. Principal items dari Purse Seiner
Type Jepang (AYODHYOA, 1972).

Fish. Boat no. Items	1 (W)	2 (W)	3 (W)	4 (W)	5 (W)	6 (W)	7 (W)
Fishing methods	TBS	TBS	TBS	OBS	OBS	TBS	TBS
Length(m)	15.91	17.58	20.25	19.82	21.50	21.79	24.07
Breadth (m)	4.00	4.42	4.52	5.02	5.00	4.60	5.45
Depth (m)	1.60	1.68	2.09	2.25	2.25	2.30	2.65
GT	19.88	25.05	37.92	48.49	57.13	60.68	87.14
Fish hold(m ³)	15.02	25.50	47.16	34.15	27.04	24.10	76.56
FWT (m ³)	0.36	0.72	0.76	0.51	2.40	1.93	2.87
FOT (m ³)	2.23	3.28	4.70	6.74	7.09	5.62	24.26
Main engine(HP)	D 100	HBE75	D 120	D160	D 230	D 210	D 270
Aux. engine (HP)	-	-	HBE 5	D 6	D 8	EIE 2	D 30
Crew (men)	32-33	20	30	28	32	30	22
Light condition							
Draft(m)	1.09	1.68	1.38	1.50	1.46	1.59	1.83
Dispt. (t)	37.25	36.10	61.32	71.50	84.50	82.26	127.40
KG(m)	1.49	1.53	1.80	1.70	1.92	1.95	2.11
GM(m)	0.80	0.63	0.50	0.92	0.71	0.32	0.67
C _b	0.62	0.55	0.57	0.60	0.55	0.57	0.60
KG/D	0.93	0.90	0.86	0.76	0.85	0.85	0.80
Loaded condition							
Draft(m)	1.46	1.62	1.86	1.79	1.92	1.93	2.54
Dispt. (t)	66.89	63.05	96.18	95.77	118.60	111.56	209.5
KG(m)	1.33	1.43	1.57	1.92	1.99	1.86	2.10
GM(m)	0.66	0.46	0.46	0.53	0.49	0.30	0.56
C _b	0.68	0.62	0.62	0.63	0.62	0.62	0.68
KG/D	0.83	0.84	0.75	0.86	0.88	0.81	0.82
Freeboard (m)	0.44	0.40	0.53	0.86	0.70	0.80	0.79
Maximum speed(kt)	9.08	7.30	9.65	9.94	9.64	9.01	10.29

Keterangan :

W = kapal kayu.	D = mesin disel.
S = kapal baja.	HBE = mesin semi disel.
TBS = two boats system.	EIE = electric ignition engine.
OBS = one boat system.	

Lampiran 3. Principal items dari Purse Seiner
Type Amerika (AYODHYOA, 1972).

Items	Fishing boat no. 1 (W)	2 (W)	3 (W)	4 (S)	5 (S)	6 (S)	7 (S)
Fishing methods	OBS	OBS	OBS	OBS	OBS	OBS	OBS
Length(m)	23.30	24.90	24.97	23.50	28.50	29.00	28.50
Breadth(m)	6.20	6.37	6.35	7.23	6.60	6.60	7.20
Depth (m)	3.00	3.15	3.31	1.97	3.30	3.35	2.00
GT	99.98	123.04	137.54	148.67	178.50	189.56	204.43
FH (m ³)	56.98	41.40	76.00	86.59	137.57	88.27	111.01
FWT(m ³)	6.00	5.00	5.00	4.39	12.34	9.08	13.95
FOT (m ³)	22.15	22.70	22.40	28.24	43.07	55.93	50.50
Main engine (HP) D	250	250	350	310	320	440	430
Aux. engine (HP) D	55	60	40	60	40	75	50-100
Crew(men)	22	21	18	22	17	20	22
<u>Light condition</u>							
Draft (m)	2.56	2.33	2.38	2.45	2.55	2.31	2.38
Dispt. (t)	148.26	148.84	172.43	198.09	261.23	257.93	216.44
KG(m)	2.13	2.69	2.69	2.85	2.67	2.60	2.93
GM(m)	1.08	0.99	0.89	0.63	0.84	0.61	0.66
C _b	0.46	0.46	0.52	0.56	0.58	0.60	0.56
KG/D	0.83	0.86	0.81	0.88	0.81	0.78	0.81
<u>Loaded condition</u>							
Draft(m)	3.26	2.89	3.15	3.01	3.14	3.02	3.09
Dispt. (t)	248.65	228.94	286.44	289.19	379.47	391.66	402.74
KG(m)	2.41	2.56	2.86	2.93	2.63	2.69	3.00
GM(m)	0.85	0.84	0.54	0.44	0.82	0.56	0.55
C _b	0.57	0.54	0.63	0.63	0.64	0.68	0.64
KG/D	0.74	0.84	0.87	0.90	0.80	0.80	0.83
Freeboard (m)	0.33	0.68	0.61	0.51	0.38	0.54	0.73
Maximum speed (kt)	9.10	8.95	9.41	9.58	9.74	10.21	11.02

Lampiran 4. Principal items dari small and medium
Bottom Trawler dari two boats system
(AYODHYA, 1972).

Items	Trawler (wooden)	B (steel)	C (steel)	D (steel)	E (steel)
Length(m)	21.793	26.50	28.00	29.45	26.70
Breadth(m)	4.572	5.00	5.40	5.40	5.40
Depth(m)	2.515	2.65	2.70	2.70	2.55
GT	58.45	86.81	99.18	108.29	102.45
NT	41.33	41.87	49.26	49.92	45.58
Fish hold (m ³)	68.62	99.15	108.75	70.01	89.82
FWT (m ³)	3.57	5.91	6.58	12.45	6.20
FOT (m ³)	10.97	20.38	28.01	26.34	24.81
Main engine (HP) HBE	125	HBE 200	D 250	D 340	D 310
Auxiliary engine(HP)	1kW	2kW	8HP-4kW	25 HPx2	10HP ~5kW
Crew (men)	12	15	14	16	14
<u>Light condition</u>					
Mean draft (m)	1.52	1.72	1.68	1.91	1.64
Displacement (T)	74.57	107.44	122.26	157.71	135.59
KG (m)	1.81	2.03	2.25	2.23	2.04
GM (m)	0.41	0.39	0.48	0.40	0.58
C _b	0.49	0.52	0.51	0.50	0.57
KG/D	0.72	0.77	0.83	0.83	0.80
Range of stability ^o	-	-	-	58.7	-
<u>Loaded condition</u>					
Mean draft(m)	2.08	2.38	2.44	2.48	2.36
Displacement (T)	118.67	178.56	214.33	231.67	223.16
KG(m)	1.71	2.03	2.06	2.12	2.01
GM(m)	0.44	0.36	0.55	0.48	0.61
C _b	0.57	0.61	0.60	0.61	0.65
KG/D	0.68	0.77	0.76	0.78	0.80
Range of stability ^o	-	-	-	51.6	-
Freeboard (m)	0.65	0.49	0.65	0.47	0.48
Maximum speed (kt)	11.37	9.61	11.30	11.95	11.15

Zampiran 5. Prinsipal items dari small and medium Trawler untuk one boat system (AYONHOK, 1972).

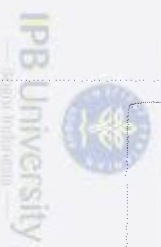
Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Yielding Boat	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)	(#)
E(a)	21.90	22.21	24.17	22.30	20.93	20.52	19.94	18.00	16.00	19.97	21.62	20.25	19.57	20.20	17.50	10.97	18.09	19.25	19.50	16.71
B(a)	4.70	4.50	4.71	4.66	4.59	4.70	4.80	7.40	7.40	4.59	4.45	4.55	4.66	4.54	4.02	4.11	4.00	4.16	3.72	3.89
D(a)	2.24	2.32	2.15	2.33	2.07	2.09	2.04	3.75	3.55	2.32	2.30	2.05	1.79	2.06	1.00	1.90	1.64	1.83	1.59	1.77
OR	57.41	56.99	54.29	59.58	47.50	43.17	40.27	289.87	277.43	43.95	48.95	46.48	35.12	37.00	27.04	29.90	26.44	28.06	19.50	19.04
FR(a)	57.03	57.12	43.00	47.25	39.17	43.18	37.65	215.84	230.95	48.27	35.95	43.54	35.68	33.95	29.76	25.34	26.37	20.06	19.50	21.24
FR(a) ²	2.07	1.40	1.95	1.85	0.81	0.90	0.62	104.35	111.96	1.14	2.05	0.99	0.83	1.08	0.66	0.71	0.72	0.72	1.25	0.34
FR(a) ³	4.55	12.90	3.67	10.35	4.76	6.29	4.33	104.35	111.96	7.82	8.64	4.13	4.50	5.25	3.51	4.24	4.31	1.25	1.68	0.34
Machine(HP)	D 160	180	180	160	120	120	160	700	550	170	160	HMB 100	D 120	D 120	HMB 75	HMB 85	HMB 90	HMB 90	HMB 65	HMB 60
Auxiliary engine(HP)	2kW	4 HP	3kW	BHP	ZHP	10HP	10kW	5HP	24HP-1 22HP-1	15kW	5HP	10HP	10kW	13HP	10kW	12HP	10kW	12HP	10kW	12HP
Crane(men)	14	14	13	15	15	15	8	30	30	17	14	9	11	11	9	17	15	19	7	8
Light condition																				
Head draft(a)	1.51	1.51	1.63	1.39	1.45	1.57	1.43	2.15	2.11	1.33	1.49	1.45	1.18	1.17	1.15	1.09	1.15	1.12	1.15	0.99
Displacement(T)	70.55	87.06	73.82	93.74	65.09	80.33	55.93	326.18	328.17	66.66	67.11	60.28	36.33	44.75	37.66	37.38	42.80	37.85	30.54	25.25
GM(a)	1.72	1.71	1.53	1.77	1.82	1.70	1.32	2.82	2.91	1.94	1.71	1.80	1.56	1.84	1.53	1.34	1.47	1.51	1.41	1.37
GM(a) ²	0.61	0.49	0.53	0.63	0.66	0.59	0.72	0.90	0.82	0.55	0.47	0.52	0.90	1.81	0.57	0.89	0.77	0.79	0.64	0.81
GM(a) ³	0.55	0.63	0.52	0.63	0.58	0.61	0.51	0.58	0.60	0.60	0.53	0.58	0.48	0.81	0.55	0.56	0.59	0.59	0.53	0.54
Kb/D	0.77	0.77	0.78	0.76	0.90	0.81	0.88	0.75	0.82	0.79	0.75	0.88	0.87	0.89	0.85	0.81	0.80	0.81	0.84	0.87
Head draft(a)	1.72	1.75	1.87	1.34	1.63	1.77	1.60	3.28	3.27	1.61	1.91	1.53	1.32	1.39	1.47	1.35	1.40	1.40	1.36	1.17
Displacement(T)	86.80	107.63	99.40	118.57	79.77	95.11	69.61	412.53	391.96	84.11	100.30	73.15	47.17	59.90	51.70	53.99	57.46	54.47	40.78	34.52
GM(a)	1.81	1.67	1.84	1.86	1.74	1.69	1.83	2.65	2.89	1.83	1.81	1.80	1.55	1.84	1.33	1.61	1.60	1.59	1.50	1.41
GM(a) ²	0.40	0.43	0.42	0.40	0.52	0.45	0.54	0.87	0.89	0.63	0.60	0.60	0.72	0.49	0.40	0.54	0.40	0.32	0.30	0.52
GM(a) ³	0.58	0.66	0.55	0.65	0.60	0.63	0.54	0.71	0.81	0.63	0.60	0.60	0.50	0.57	0.60	0.60	0.63	0.52	0.55	0.57
Kb/D	0.81	0.75	0.73	0.80	0.99	0.81	0.88	0.71	0.81	0.78	0.79	0.89	0.87	0.69	0.85	0.85	0.87	0.85	0.89	0.90
Foreboard (m)	0.87	0.60	0.95	0.87	0.90	0.77	0.91	0.66	0.47	1.06	0.76	0.95	0.83	1.11	0.69	0.89	0.74	0.82	0.65	0.71
Maximum speed(kts)	9.50	9.50	8.90	8.75	8.11	8.16	9.19	11.74	11.45	9.02	9.23	8.36	8.47	8.79	8.10	8.37	7.95	8.46	7.75	8.00

Lampiran 6. Principal Items dari Skipjack and Tuna
Fishing Boats untuk Klas < 300 GT (AYODHYA, 1972).

Fishing Boats	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Items	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(S)	(S)	(S)
Length (m)	19.88	21.64	24.28	24.50	25.67	27.73	32.00	29.85	33.60	31.24	31.42	36.30
Breadth (m)	3.91	4.75	5.20	5.49	5.49	6.60	6.60	6.15	6.63	6.00	6.10	6.80
Depth (m)	1.88	2.20	2.64	2.70	2.70	3.01	3.40	3.15	3.41	2.92	3.15	3.40
GR	34.80	59.89	81.26	94.32	98.71	123.52	197.36	153.19	235.29	155.25	176.63	235.04
Crew (men)	39	23	45	47-50	48	21	70	70	31	60	72	28
Fish hold (m ³)	33.62	49.80	96.47	73.00	87.10	97.33	165.63	157.32	191.55	112.41	146.08	220.60
FWT (m ³)	3.70	2.08	5.74	5.20	5.81	6.50	14.85	8.50	14.50	13.78	15.21	15.70
FOR (m ³)	4.76	9.80	22.14	20.01	22.98	29.51	66.57	42.50	77.88	41.30	54.46	150.77
Main engine (HP)	D 150	D 10	D 15	HBEL10	HBEL12	HBEL10	550	430	500	360	380	550
Aux. engine (HP)	HBEL 3						35	HBEL 20	D 54	D 40	D 40	D 100
<u>Light condition</u>												
Draft (m)	1.31	1.44	1.63	1.81	1.88	1.745	2.295	2.155	2.26	1.89	1.97	1.79
Displacement (T)	48.78	71.82	93.43	115.99	136.88	120.91	255.32	212.89	261.40	197.46	213.09	240.49
KG (m)	1.44	1.80	2.14	2.30	2.30	2.18	2.25	2.40	2.60	2.33	2.58	2.39
GM (m)	0.47	0.50	0.85	0.38	0.41	0.79	0.73	0.55	0.54	0.64	0.39	0.30
G	0.55	0.55	0.50	0.55	0.55	0.52	0.60	0.59	0.63	0.60	0.60	0.60
KR/D	0.768	0.818	0.780	0.852	0.836	0.727	0.662	0.76	0.77	0.801	0.820	0.85
<u>Loaded condition</u>												
Draft (m)	1.83	1.95	2.36	2.69	2.59	2.462	3.465	3.18	3.37	2.83	2.71	2.84
Displacement(T)	83.00	111.30	174.16	212.50	217.68	218.69	470.00	360.95	464.78	347.95	359.90	455.00
KG (m)	1.44	1.72	2.14	1.95	1.98	2.01	2.44	2.17	2.64	2.11	2.33	2.62
GM (m)	0.35	0.42	0.45	0.56	0.65	0.65	0.64	0.68	0.41	0.71	0.56	0.45
G	0.63	0.61	0.62	0.65	0.65	0.60	0.69	0.67	0.70	0.69	0.66	0.77
KR/D	0.767	0.784	0.811	0.722	0.723	0.668	0.718	0.69	0.78	0.724	0.735	0.77
Freeboard (m)	0.376	0.57	0.65	0.38	0.50	1.028	0.437	0.47	0.54	0.30	0.658	0.555
Maximum speed (kt)	9.50	8.30	9.65	9.44	9.69	9.26	10.93	10.65	11.01	10.23	10.61	12.41

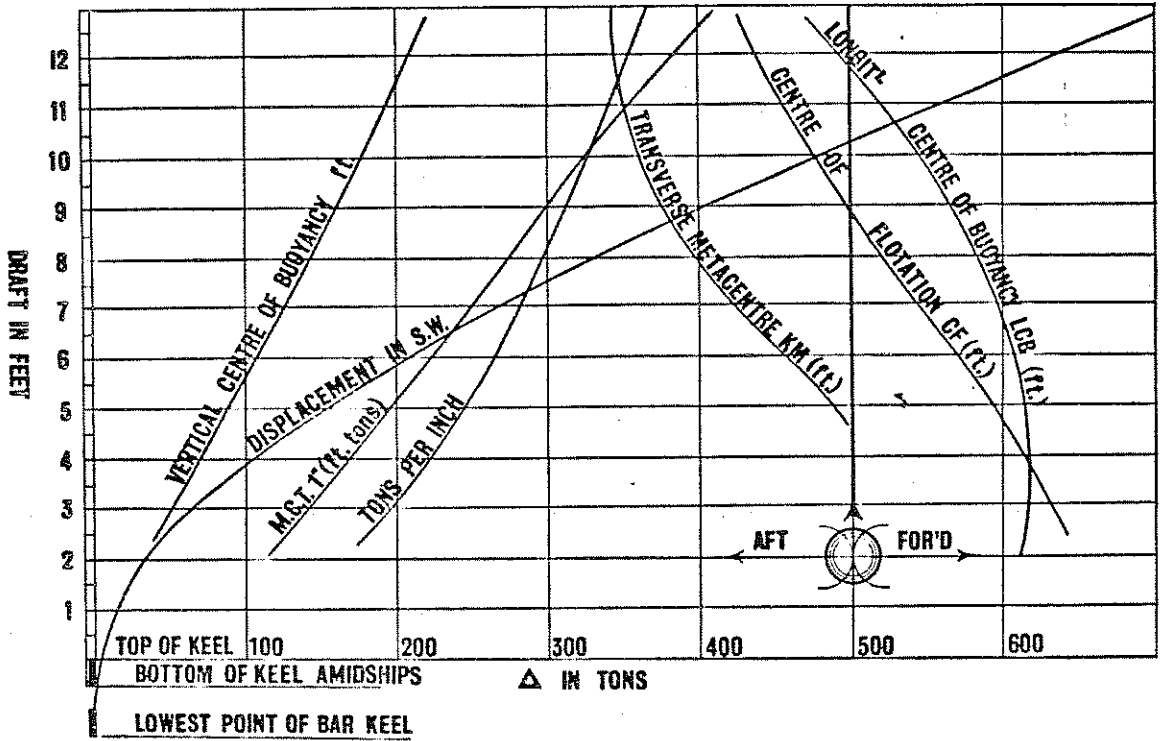
Tampiran 7. Principal items dari Funa Longline
 Kelas > 300 GP (AYODHYA, 1972).

Fishing Boat no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Items	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)
Length (m)	39.71	42.81	41.50	45.10	45.50	47.00	50.80	52.01	53.69	56.03	59.91
Breadth (m)	7.20	7.50	7.40	7.80	8.00	7.98	8.60	9.00	9.00	9.30	11.00
Depth (m)	3.60	3.80	3.80	4.00	4.10	4.00	4.40	4.60	4.60	4.70	5.30
GP	317.16	356.98	388.26	420.73	462.95	484.17	596.78	693.18	700.03	817.07	1098.88
Crew (men)	30	34	36	37	36	36	35	39	46	44	67
Fish hold (m ³)	315.80	341.43	388.26	390.51	457.50	444.70	600.94	687.10	714.00	859.90	1377.90
FWT (m ³)	19.82	27.71	20.20	26.22	35.67	20.28	35.85	34.27	31.80	39.52	65.60
FCR (m ³)	131.25	173.08	154.29	236.61	189.59	223.67	282.37	340.62	377.8	353.75	415.90
Main engine (HP) D	600	650	650	750	850	850	1000	1150	1200	1200	1500
Aux. engine (HP)	120	175	160	200	289	225	330	300	300	320	500
Light condition											
Draft (m)	1.985	2.03	2.05	2.23	2.35	2.17	2.21	2.25	2.27	2.63	2.30
Displacement (T)	336.39	404.70	385.05	490.58	498.70	493.75	570.21	637.47	681.80	865.18	938.46
KG (m)	2.945	3.27	3.00	3.32	3.43	3.49	3.72	3.89	3.92	3.84	4.55
GM (m)	0.498	0.39	0.62	0.42	0.47	0.40	0.60	0.56	0.50	0.58	1.41
C	0.58	0.63	0.62	0.61	0.60	0.60	0.59	0.60	0.62	0.63	0.60
KG/D	0.875	0.861	0.79	0.83	0.84	0.875	0.85	0.85	0.85	0.82	0.258
Loaded condition											
Draft (m)	3.157	3.250	3.245	3.48	3.70	3.45	3.47	3.62	3.42	4.11	3.45
Displacement (T)	605.95	736.40	702.73	865.15	925.34	907.33	1035.59	1169.40	1148.20	1535.94	1546.95
KG (m)	2.67	2.92	2.89	2.95	2.99	2.91	3.17	3.36	3.34	3.44	3.83
GM (m)	0.55	0.49	0.55	0.61	0.71	0.75	0.85	0.70	0.70	0.82	1.21
C	0.65	0.71	0.71	0.69	0.695	0.69	0.67	0.68	0.68	0.70	0.65
KG/D	0.74	0.769	0.73	0.738	0.73	0.727	0.72	0.73	0.725	0.73	0.723
Freeboard (m)	0.52	0.63	0.64	0.605	0.65	0.631	1.02	1.07	1.28	0.68	1.92
Maximum speed (kt)	11.16	11.89	11.68	13.54	12.07	12.37	13.31	12.85	13.10	13.16	13.25



IPB University
 The first university in Indonesia
 1. Dukunglah kebijakan-kebijakan yang ditetapkan oleh pemerintah dan masyarakat umum
 2. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 3. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 4. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 5. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 6. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 7. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 8. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 9. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 10. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 11. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat
 12. Berikanlah bimbingan dan penyuluhan kepada mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, dan masyarakat

Lampiran 8. Kurva Hidrostatis (HIND, J. A., 1967).



Lampiran 9.. Stabilitas dan Trim Kapal Heinrich Meins
(Fishing Boats of The World II).

LENGTH B.P.		62.0 m. (203.4 ft)	HEINRICH MEINS		SHIP WEIGHT	872 ton					
BREADTH MLD.		10.0 m. (32.8 ft)	STABILITY AND TRIM		CREW	5 ton					
DEPTH MLD.		4.9/7.2 m. (16.07/23.62 ft)			FISHING GEAR	30 ton					
CASE	CARGO ton	POUNDBOARD ton	TO TON ton	ON DECK ton	FW ton	DISPLACE- ment ton	DRAGHT m	KG	GM	RIGHTING LEVERS (GZ)	
0 a	EMPTY CREW, FISHING GEAR FRESH WATER TANKS FILLED	—	—	—	—	1007	4.68 3.45 3.22 15.35 12.95 10.56	m m m ft ft ft	m m m ft ft ft	0.21 0.069	
0 b	ICE AND POUND BOARDS ON DECK FRESH WATER TANKS FILLED 401 OIL FUEL	ICE ON DECK 10 POUNDBOARD 17	40	—	—	1057	4.73 4.06 3.40 15.51 13.32 11.15	m m m ft ft ft	m m m ft ft ft	0.15 0.049	
1	DEPARTURE	SALT 115 ICE 60	40	24.1	5	1004.38	4.88 4.74 4.60 16.01 15.55 13.09	m m m ft ft ft	m m m ft ft ft	0.061 0.200	
2	ARRIVAL ON THE FISHING GROUNDS	SALT 115 ICE 57	8	206	4	138.3	4.76 4.62 4.49 15.62 15.16 14.73	m m m ft ft ft	m m m ft ft ft	0.060 0.197	
3	DEPARTURE FROM THE FISHING GROUNDS FULL FISH LOAD	FISH 375 ICE 97 FISHMEN 81 FISHOIL 47	2	76	2	1606	5.32 5.02 4.77 17.45 16.47 15.40	m m m ft ft ft	m m m ft ft ft	0.073 0.240	
4	ARRIVAL FULL FISH LOAD	FISH 367 ICE 97 FISHMEN 81 FISHOIL 47	—	4.1	1	154.6	5.15 4.95 4.75 16.8 16.24 15.59	m m m ft ft ft	m m m ft ft ft	0.069 0.226	

Lampiran 10. Stabilitas dan Trim kapal Sagitta
(Fishing Boats of The World II).

		LENGTH B.P. 1890 ft (5760 m)		BREADTH MLD. 31.5 ft (9.60 m)		DEPTH MLD. 16.1/23.5 ft (4.90/7.15 m)		SAGITTA STABILITY AND TRIM			SHIP WEIGHT CREW 3 ton FISHING GEAR 30 ton		805 ton	
CASE	PROVISIONS TON	FRESH W. TON	LUB. OIL TON	ICE TON	FISH OIL TON	FILLET TON	FISH & ICE TON	FISH MEAL TON	DISPLACEMENT TON	DEAD WEIGHT TON	KG	GM	RIGHTING LEVERS (GZ)	
													FISH OIL TON	FISH MEAL TON
0 a EMPTY CREW FISHING GEAR									838	183 390 11 597 1280	450 476	0.41 1.35		
0 b AS ABOVE ICE AND POUND BOARDS ON DECK				ON DECK 10					855	192 390 11 638 1280	463 519	0.26 0.85		
0 c AS ABOVE FRESHWATER TANKS FILLED BULKHEADS NEARLY EMPTY	1.85	71		ON DECK 10					1005	245 411 11 837 1348	474 558	0.64 2.10		
1 DEPARTURE	5.85	266	175						1369	408 433 11 1339 1421	385 474	0.84 2.76		
2 ARRIVAL ON THE FISHING GROUNDS	4.75	223	155						1295	398 414 11 1306 1358	386 474	0.80 2.62		
3 a DEPARTURE FROM THE FISHING GROUNDS FULL FISH LOAD	2.35	113			33.35	355.35			1446	414 456 11 1358 1498	398 474	0.75 2.46		
4 a ARRIVAL FULL FISH LOAD	1.15	71			33.35	330.35			1358	406 431 11 1312 1414	398 474	0.71 2.33		

