

SKRIPSI

**PENGUJIAN COURSE KEEPING STABILITY KAPAL TONGKANG PADA KONDISI
KEBOCORAN**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Sarjana Teknik Perkapalan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



ERSYA CHAERADHA BAKHRI

D311 15 511

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2020

LEMBAR PEGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL SKRIPSI

“Pengujian Course Keeping Stability Kapal Tongkang pada Kondisi Kebocoran”

Oleh:

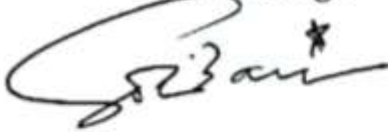
ERSYA CHAERADHA BAKHRI

D311 15 511

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

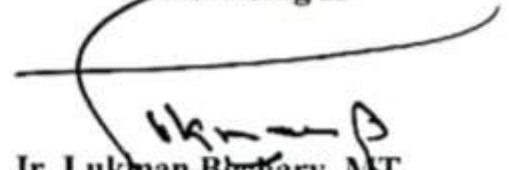
Gowa, 24 November 2020

Pembimbing I



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT
NIP. 19730206 200012 1 002

Pembimbing II



Ir. Lukman Bbcharv, MT,
NIP. 19581127 198803 1 003

Mengetahui:

Departemen Teknik Perkapalan



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT
NIP. 19730206 200012 1 002

PENGUJIAN COURSE KEEPING STABILITY KAPAL TONGKANG PADA KONDISI KEBOCORAN

Ersya Chaeradha Bakhri, Suandar Baso & Lukman Bochary

Departemen Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddiin, Gowa

Jl. Poros Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kecelakaan kapal setiap tahunnya sangatlah besar. Kecelakaan kapal tongkang pada umumnya disebabkan oleh kebocoran pada *void tank* tongkang itu sendiri. Banyaknya kasus tentang kebocoroan kapal tongkang menjadi salah satu alasan untuk melakukan pengujian ini. Ketika kapal mengalami kebocoran pada tanki tentunya akan berpengaruh terhadap stabilitas kapal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gerakan yang terjadi pada kapal tongkang dalam kondisi kebocoran. Pengambilan data dilakukan dengan mengolah ukuran utama dan gambar linesplan, kemudian membuat model uji yang diskalakan dari data gambar linesplan dan dilakukan pengambilan data dengan metode pengujian model. Dalam pengujian ini skenario kompartemen kebocoroan yang dilakukan pengujian yaitu 1 kompartemen dan 2 komprtemen kebocoran simetris pada tiap-tiap tanki dan penentuan skenario kompartemen kebocoran berdasarkan *MSC 429*. Selain itu, dalam pengujian ini dilakukan pengujian dengan variasi panjang tali yang berbeda (1L, 1,5L, dan 2L). Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan parameter hidrostatik pada sarat 75 % dan 100 %. Pada sarat 75 %, titik kompartemen kebocoran maksimum pada buritan dan haluan adalah pada D2,D3 dengan kondisi trim sebesar 11,2 cm dan D7,D8 dengan kondisi trim sebesar 10,5 cm. Sedangkan pada sarat 100 % titik kompartemen kebocoran yang paling ekstreim pada buritan dan haluan adalah D2 dengan kondisi trim sebesar 12,2 cm dan D8 dengan kondisi trim sebesar 12,2 cm. Setelah parameter hidrostatik di dapatkan, dilakukan pengujian course keeping stability dan hasilnya dapat disimpulkan bahwa nilai persentase rata-rata yaw amplitudo pada 1 kompartemen kebocoran sekitar $\leq 20\%$ hingga 30% sedangkan nilai persentase rata-rata pada 2 kompartemen kebocoran sekitar $\leq 10\%$ hingga 20% . Adapun pada pengujian sway kapal dapat disimpulkan bahwa persentase rata-rata sway amplitudo untuk kebocoran 1 kompartemen adalah $\leq 50\%$. Sedangkan Persentase rata rata sway amplitudo untuk kebocoran 2 kompartemen adalah $\leq 20\%$ hingga 30% . Persentase yaw dan sway amplitudo lebih besar pada 1 kompartemen kebocoran di akibatkan karena perbedaan sarat pada saat pengujian, yaitu sarat 100 % pada 1 kompartemen kebocoran dan 75 % pada 2 kompartemen kebocoran.

Kata kunci : *Course Keeping Stability*, Kompartemen Kebocoran, Pengujian Model.

EXPERIMENT OF COURSE KEEPING STABILITY BARGE ON DAMAGE CONDITION

Ersya Chaeradha Bakhri, Suandar Basso & Lukman Bochary
Naval Architecture Department
Faculty of Engineering, University of Hasanuddiin, Gowa
Jl. Poros Malino, Gowa Regency, South Sulawesi 92119

ABSTRACT

The increase in the number of ship accidents every year is enormous. Barge accidents are generally caused by a leak in the void of the barge tank itself. The large number of cases regarding barge leakage is one reason for conducting this test. When a ship experiences a leak in the tank, it will certainly affect the stability of the ship. Therefore, this study aims to determine the movements that occur on the barge in leakage conditions. Data was collected by processing the main size and lines plan image, then making a scaled test model from the lines plan image data and data collection was carried out using the model testing method. In this test, the leakage compartment scenario is tested, namely 1 compartment and 2 symmetrical leakage compartments in each tank and the determination of the leakage compartment scenario is based on MSC 429. In addition, in this test, tests are carried out with different rope length variations (1L, 1,5L, and 2L). From the results of the tests carried out, it was found that the hydrostatic parameters were 75% and 100% loaded. At 75% load, the maximum leakage compartment points at the stern and bow are at D2, D3 with a trim condition of 11.2 cm and D7, D8 with a trim condition of 10.5 cm. Whereas at 100% laden, the most extreme leakage compartment points at the stern and bow are D2 with a trim condition of 12.2 cm and D8 with a trim condition of 12.2 cm. After the hydrostatic parameters were obtained, course keeping stability was tested and the results could be concluded that the average percentage value of yaw amplitude in 1 leakage compartment was around $\leq 20\%$ to 30% while the average percentage value in the 2 leakage compartments was around $\leq 10\%$ to 20% . As for the ship sway test, it can be concluded that the average percentage of sway amplitude for 1 compartment leakage is $\leq 50\%$. Whereas the average sway amplitude percentage for 2 compartment leakage is $\leq 20\%$ to 30% . The percentage of yaw and sway amplitude is greater in 1 leakage compartment due to differences in load at the time of testing, namely 100% loaded in 1 leakage compartment and 75% in 2 leakage compartments.

Keywords: Course Keeping Stability, Leakage Compartment, Experiment

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ersya Chaeradha Bakhri, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " **PENGUJIAN COURSE KEEPING STABILITY KAPAL TONGKANG PADA KONDISI KEBOCORAN**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya.

Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Gowa, 28 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,

A green adhesive stamp (Meterai Tempel) with the text "METERAI TEMPEL" at the top, a serial number "19410AH5787307062" in the middle, and the value "6000" at the bottom. The stamp is partially covered by a handwritten signature in black ink.

Ersya Chaeradha Bakhri

D31115511

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta shalawat dan salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW., sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal penelitian ini dengan judul penelitian yaitu:

“PENGUJIAN COURSE KEEPING STABILITY KAPAL TONGKANG PADA KONDISI KEBOCORAN”

Saya menyadari bahwa di dalam tugas akhir yang sederhana ini terdapat banyak kekurangan. tentunya hal ini disebabkan karena masih terbatasnya ilmu serta kemampuan yang saya miliki, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan saran dari semua pihak.

Penyusunan tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang saya lalui dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan baik itu berupa doa, materi, bimbingan, semangat, dan dorongan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, saya mengucapkan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu **Bapak Capt. Syamsul Bakhri, M. Mar.** dan **Ibu Andi Erawati Hatta, ST.** atas kasih sayang, dukungan, pengorbanan dan doa yang selama ini telah diberikan, serta terima kasih kepada keluarga besar atas sumbangsi dan dorongan yang telah diberikan.
2. Bapak **Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin, sekaligus dosen pembimbing I, dan kepala Laboratorium

Hidrodinamika Kapal atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkannya untuk memberikan dukungan, bimbingan serta pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.

3. Bapak **Ir. Lukman Bochari, MT.** selaku dosen pembimbing II, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini selesai.
4. Ibu **Andi Ardianti, ST., MT.** dan Ibu **Ir. Hj. Rosmani, MT.** selaku penguji dalam seminar skripsi, yang telah memberikan masukan yang membangun serta saran guna tercapainya hasil yang lebih baik dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Teman-teman Angkatan 2015, khususnya **PLATFORM 15** dan teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. **Melyana Cakra, ST.** yang telah memberikan perhatian, semangat, dukungan, bantuan dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini
7. Rekan-rekan di Laboratorium Hidrodinamika, yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Seluruh dosen, staff, dan karyawan Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Saya menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan, oleh karena itu sebagai penulis, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga karya ini dapat bermanfaat.

Gowa, 28 Oktober 2020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistemetika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kapal Tongkang	7
2.1.1 <i>Barrack Barge</i>	8
2.1.2 <i>Dry Bulk Cargo Barge</i>	9
2.1.3 <i>Liquid Cargo Barge</i>	10

2.1.4 <i>Car-Float Barge</i>	10
2.1.5 <i>Split Hopper Barge</i>	11
2.1.6 <i>Power Barge</i>	12
2.2 Operasional Kapal tunda dan tongkang	12
2.2.1 Operasional	12
2.2.2 Kapal Tunda atau <i>Tug Boat</i>	13
2.2.3 Operasional Kapal Tunda dan Tongkang	16
2.3 <i>Course keeping stability</i>	18
2.4 Gerak Kapal	19
2.4.1 Gerak Sway	20
2.4.2 Gerak Yaw	20
2.5 Pengujian Model	21
2.6 Tanki Tarik (<i>Towing Tank</i>)	25
2.7 Kebocoran Kapal.....	28
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	33
3.1.1 Lokasi Penelitian	33
3.1.2 Waktu Penelitian.....	33
3.2 Jenis Penelitian	33
3.3 Metode Pengumpulan Data	33
3.4 Metode Pengolahan Data.....	34
3.4.1 Data Kapal.....	34
3.4.2 Skala Geometri.....	36

3.4.3 Pemodelan.....	36
3.4.4 Pembuatan Model Fisik	37
3.4.5 Penentuan Skenario Kompartemen Kebocoran	45
3.5 Pengujian Model.....	47
3.6 Analisis Data	50
3.7 Penarikan Kesimpulan.....	50
3.8 Kerangka Berpikir	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Pengujian tali diameter 4 mm	52
4.2 Pengujian Skenario Kompartemen Kebocoran	53
4.3 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran	59
4.3.1 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D2	60
4.3.2 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran C4	61
4.3.3 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D8	62
4.4 Analisis gerak yaw 2 kompartemen kebocoran	63
4.4.1 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D2,D3	63
4.4.2 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran B4,C4	64
4.4.3 Analisis gerak yaw 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D7,D8	

.....	65
4.5 Perbandingan gerak yaw berdasarkan hasil analisis data	66
4.6 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran	68
4.6.1 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D2	69
4.6.2 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran C4	70
4.6.3 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D8	71
4.7 Analisis gerak sway 2 kompartemen kebocoran	72
4.7.1 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D2,D3	72
4.7.2 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran B4,C4	73
4.7.3 Analisis gerak sway 1 kompartemen kebocoran pada kebocoran D7,D8	74
4.8 Perbandingan gerak sway berdasarkan hasil analisis data	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran utama kapal	35
Tabel 2. Ukuran model kapal dengan skala 1:50	37
Tabel 3. Panjang tali	38
Tabel 4. Variasi Sarat.....	39
Tabel 5. Kebutuhan / material pembuatan model	39
Tabel 6. Skenario1 kompartemen kebocoran	55
Tabel 7. Skenario 2 kompartemen kebocoran.....	56
Tabel 8. <i>Yaw amplitudo</i> total	67
Tabel 9. <i>Sway amplitudo</i> total.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kapal tongkang	7
Gambar 2. <i>Barrack Barge</i>	9
Gambar 3. Dry bulk cargo barge	9
Gambar 4. Liquid cargo barge	10
Gambar 5. <i>Car-Float Barge</i>	11
Gambar 6. <i>Split Hopper Barge</i>	11
Gambar 7. <i>Power barge</i>	12
Gambar 8. Kapal tunda	14
Gambar 9. Kapal tunda pada pengoperasiannya	17
Gambar 10. Gerak seakeeping kapal	20
Gambar 11. Kolam uji	27
Gambar 12. Alat penarik model (<i>carriage</i>)	27
Gambar 13 Kapal yang mengalami kobocoran	29
Gambar 14. Volume air pada kebocoran	29
Gambar 15. Skenario kompartemen kebocoran menurut MSC 429	31
Gambar 16. <i>Lines Plan</i>	35
Gambar 17. Pemodelan melalui aplikasi AutoCAD	36
Gambar 18. <i>Section</i>	40
Gambar 19. <i>Frame</i>	41
Gambar 20. Pembentukan <i>frame</i>	41
Gambar 21. <i>Frame</i> direkatkan pada pola waterline	41
Gambar 22. Proses pemasangan kulit	42

Gambar 23. Hasil setelah pemasangan kulit	42
Gambar 24. Pemberian resin dan <i>fiber matt</i>	43
Gambar 25. Model setelah proses dempul	43
Gambar 26. Hasil pengecatan <i>epoxy</i>	44
Gambar 27. Hasil pengecatan model	44
Gambar 28. Hasil <i>marking</i> model	44
Gambar 29. Pengujian tegangan tali	45
Gambar 30. Skenario kompartemen kebocoran menurut MSC 429	46
Gambar 31. Skenario 1 dan 2 kompartemen kebocoran	47
Gambar 32. Skema pengambilan data	48
Gambar 33. Posisi penempatan alat pengambilan data	49
Gambar 34. Kerangka berpikir	51
Gambar 35. Modulus Elastisitas	52
Gambar 36. Skenario tanki yang akan dilakukan pengujian	54
Gambar 37. Contoh Skenario 1 dan 2 kompartemen kebocoran	54
Gambar 38. Analisis gerak <i>Yaw</i> pada titik kebocoran D2	60
Gambar 39. Analisis gerak <i>Yaw</i> pada titik kebocoran C4	61
Gambar 40. Analisis gerak <i>Yaw</i> pada titik kebocoran D8	62
Gambar 41. Analisis gerak <i>Yaw</i> pada titik kebocoran D2,D3	64
Gambar 42. Analisis gerak <i>Yaw</i> pada titik kebocoran B4,C4	65
Gambar 43. Analisis gerak <i>Yaw</i> pada titik kebocoran D7,D8	66
Gambar 44. Analisis gerak <i>Sway</i>	69
Gambar 45. Analisis gerak <i>Sway</i> pada titik kebocoran D2	70

Gambar 46. Analisis gerak <i>Sway</i> pada titik kebocoran C4	71
Gambar 47. Analisis gerak <i>Sway</i> pada titik kebocoran D8	72
Gambar 48. Analisis gerak <i>Sway</i> pada titik kebocoran D2,D3	73
Gambar 49. Analisis gerak <i>Sway</i> pada titik kebocoran B4,C4	74
Gambar 50. Analisis gerak <i>Sway</i> pada titik kebocoran D7,D8	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data pengujian

Lampiran 2. Analisis data Yaw sarat 100 % (1 Kompartemen Kebocoran)

Lampiran 3. Analisis data Yaw sarat 75% (2 Kompartemen Kebocoran)

Lampiran 4. Analisis data Sway sarat 100% (1 Kompartemen Kebocoran)

Lampiran 5. Analisis data Sway sarat 75% (2 Kompartemen Kebocoran)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Menurut peraturan menteri perhubungan Republik Indonesia nomor PM. 48 tahun 2018 pasal 1 ayat 4 yang berbunyi, kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. Penyelenggaraan kewajiban pelayanan publik untuk angkutan barang adalah pelaksanaan angkutan barang dari dan ke daerah tertinggal, terpencil, terluar, dan perbatasan sesuai dengan trayek yang telah ditetapkan, dengan tetap memperhatikan dan menjaga keselamatan serta keamanan transportasi. Angkutan laut adalah kegiatan angkutan yang menurut kegiatannya melayani kegiatan angkutan laut. Salah satu jenis kapal yang digunakan dalam pelayanan angkutan barang adalah kapal tongkang. Kapal tongkang adalah jenis kapal yang membawa barang-barang dan muatan dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya.

Dalam merancang suatu kapal perlu diperhatikan beberapa aspek, salah satunya aspek penting yang perlu diperhatikan adalah tentang gerak kapal akibat gelombang air laut pada perairan yang diinginkan. Hal ini berkaitan dengan gerakan kapal yang merupakan respon suatu kapal dari gaya luar yang bekerja pada kapal tersebut. Gerakan yang ditimbulkan karena gaya luar yang bekerja atau gelombang

air laut akan mempengaruhi keselamatan dan kenyamanan penumpang atau awak kapal itu sendiri. Untuk mempertahankan posisi kapal saat terjadi kebocoran dibutuhkan *damage stability* yang baik agar kapal tidak tenggelam atau setidaknya memperlambat proses tenggelamnya kapal sehingga upaya penyelamatan penumpang dapat dilakukan (P. Manik, 2019)

Peningkatan jumlah kecelakaan kapal setiap tahunnya sangatlah besar. Khususnya kecelakaan kapal tongkang yang umumnya disebabkan oleh kebocoran pada *void tank* tongkang itu sendiri. Akibatnya, muatan pada kapal tongkang akan tumpah dan dapat mencemari lingkungan, khususnya daerah laut. Salah satu kasus kebocoran kapal tongkang terjadi di sungai Mahakam pada tahun 2019. Akibat dari kebocoran kapal tersebut muatan yang berupa batu bara tumpah dan mencemari sungai Mahakam di Samarinda. Kasus lain terjadi pada kapal tongkang pengangkut nikel milik PT. Antam yang patah dan bocor di perairan Tapunopaka, Kabupaten Konawe Utara. menurut (KNKT) penyebab kapal tersebut tenggelam adalah kapal tersebut mulanya mengalami kebocoran dan kemudian karena kebocoran tersebut kapal menjadi patah lalu tenggelam.

Terjadinya kasus-kasus diatas dikarenakan kebocoran tongkang pada *void tank*. Kondisi ini mempengaruhi stabilitas kapal pada saat air masuk ke kompartemen dalam lambung kapal. Pada kondisi tersebut, stabilitas kapal juga dihitung dan dianalisis untuk memenuhi kriteria keselamatan sesuai kriteria yang terdapat pada IS CODE 2008 *Resolution MSC.267(85)* dan SOLAS 2009 *Chapter II-1 Resolution MSC.281 (85) (based on the probabilistic concept)*.

Dalam pengoperasian kapal tongkang umumnya diperlukan tenaga dari kapal *tugboat* untuk mendapatkan gaya dorong dengan cara ditarik oleh kapal *tugboat*. Sistem penarik pada kapal *tugboat* umumnya digunakan untuk menarik kapal tongkang. Sistem penarik yang tidak tepat dapat menyebabkan ketidakstabilan penarik yang serius dan menyebabkan kecelakaan atau tabrakan. Oleh karena itu, penyelidikan yang luas berkaitan dengan gerak kapal derek dan tongkang diperlukan.

Oleh karena itu, peneliti merasa perlu untuk membahas gerakan kapal yang terjadi kapal tongkang. Dalam penelitian ini, penelitian hanya di fokuskan terhadap gerakan kapal tongkang ketika dalam keadaan bocor. Adapun gerakan kapal pada saat mengalami kebocoran yang di fokuskan yaitu *Swaying* dan *Yawing*.

1.2. Rumusan Masalah

Dilihat dari latar belakang yang dijelaskan, maka permasalahan yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana parameter hidrostatis tongkang pada saat mengalami kebocoran berdasarkan skenario kebocoran?
2. Seberapa besar pengaruh tongkang yang di tarik pada saat mengalami kebocoran terhadap gerak yawing berdasarkan kondisi trim haluan dan buritan yang terbesar?
3. Seberapa besar pengaruh tongkang yang di tarik pada saat mengalami kebocoran terhadap gerak swaying berdasarkan kondisi trim haluan dan buritan yang terbesar

1.3. Tujuan Penelitian

Dilihat dari rumusan masalah yang ada, tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Menentukan parameter hidrostatis pada tongkang yang mengalami kebocoran.
2. Menentukan pengaruh tongkang yang mengalami kebocoran terhadap gerak *swaying* pada saat kondisi trim haluan dan buritan maksimum.
3. Menentukan pengaruh tongkang yang mengalami kebocoran terhadap gerak *yawing* pada saat kondisi trim haluan dan buritan maksimum.

1.4. Batasan Masalah

Dilihat dari permasalahan yang ada maka perlu ada pembatasan masalah agar dalam penelitian bisa mempermudah analisis dan menjadi lebih teratur :

1. Sampel yang digunakan adalah kapal tongkang 300 x 80 x 20 Ft.
2. Pengujian dilakukan dengan tongkang yang di tarik menggunakan tali nilon diameter 4 mm.
3. Pengujian tali nilon untuk mengetahui modulus elastisitas tali
4. Parameter hidrostatis yang dimaksud yakni *trim* dan volume air penuh di kompartemen bocor.
5. Metode yang digunakan dalam mengerjakan penelitian ini adalah pengujian model.
6. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan pada kebocoran simetris.
7. Pengujian dilakukan dengan keadaan sarat tongkang 100% pada 1 kompartemen kebocoran dan sarat 75 % pada 2 kompartemen kebocoran.

8. Pengujian parameter hidrostatis di air tenang pada kondisi tongkang tidak ditarik
9. Pengujian gerak Swaying dan Yawing dilakukan di air tenang.
10. Skenario kebocoran 1, 2, dan 3 kompartemen bocor.
11. Eksperimen yang akan dilakukan pada kondisi *trim* haluan dan buritan yang terbesar untuk masing-masing skenario kebocoran.
12. Pengujian dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan tidak lain mempertimbangkan manfaat yang ingin dicapai yakni :

1. Memberikan hasil data percobaan untuk dijadikan bahan acuan dalam pembuatan jurnal penelitian.
2. Menjadi bahan acuan dalam menganalisa *Course keeping stability* pada tongkang yang mengalami kebocoran.
3. Dijadikan sebagai media bahan ajar terkait dengan materi *Course keeping stability*.

1.6. Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan dalam penelitian ini yakni :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini mengemukakan tentang penjelasan informasi keseluruhan dari penelitian ini yang kemudian diturunkan menjadi latar belakang, rumusan masalah, tujuan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan tentang teori-teori dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa masalah sehingga diperoleh penyelesaian dari masalah yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode yang digunakan untuk mengumpulkan data serta kerangka analisa data untuk menyelesaikan masalah secara bertahap.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai masalah yang ada yakni mengetahui *Course keeping stability* pada kapal tongkang yang mengalami kebocoran melalui percobaan model.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran-saran yang berkaitan dengan penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Di bagian daftar pustaka berisi tentang literatur-literatur yang menjadi sumber acuan penyelesaian penelitian.

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Tongkang

Kapal Tongkang merupakan suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung. (Wikipedia, 2020).



Gambar 1. Kapal tongkang

Berdasarkan pengertian tersebut maka tongkang merupakan jenis kapal yang digunakan untuk membawa barang, namun tongkang tidaklah dapat bekerja sendiri atau tidak seperti kapal pada umumnya yang memiliki penggerak sendiri namun tongkang harus ditarik bersama dengan kapal atau angkutan laut lainnya di air. Pada umumnya tongkang digunakan pada perairan yang agak dangkal seperti sungai

ataupun kanal. Namun pada saat sekarang ini sebagian besar tongkang digunakan secara luas di pelabuhan.

Tongkang telah dioperasikan sebelum masa revolusi industri. Sebelum revolusi industri di Eropa, tongkang digunakan sebagai alat transportasi utama untuk mengangkut barang melintasi tempat-tempat yang dihubungkan oleh perairan atau dalam hal ini sebagai jembatan untuk melintasi perairan. Tetapi setelah revolusi industry dan penemuan mesin uap, permintaan untuk penggunaan tongkang sebagai moda alat pengangkut barang mulai berkurang karena terkendala pada kecepatan. Namun pada zaman millennial ini, tongkang masih dapat ditemukan karena tongkang berkembang menjadi alat utilitas yang penting untuk mengangkut barang seperti batubara, minyak, dan berbagai macam barang curah.

Karena perkembangan zaman, tongkang pun mengalami perkembangan. Adapun beberapa jenis tongkang menurut muatannya, yaitu:

2.1.1. Barrack barge

Barrack Barge biasa dikenal dengan rumah kapal. Rumah kapal seperti ini sangat umum di tempat-tempat seperti Kamboja, India Utara (Kashmir), Laos Australia, dan Kanada. Seperti namanya, jenis tongkang seperti ini terutama digunakan untuk keperluan tempat tinggal.



Gambar 2. *Barrack Barge*

2.1.2. *Dry Bulk Cargo Barge*

Dry Bulk Cargo Barges biasa dikenal dengan kapal tongkang pengangkut barang curah. Jenis tongkang seperti ini mengangkut barang curah kering seperti biji-bijian, makanan, pasir, mineral seperti baja, batubara serta barang-barang curah kering lainnya yang dapat dipindahkan melalui sistem angkut Tongkang.



Gambar 3. *Dry bulk cargo barge*

2.1.3. *Liquid Cargo Barge*

Jenis tongkang ini benar-benar berlawanan dengan tongkang kargo curah kering. Tongkang ini sangat berguna dalam membawa petrokimia dan pupuk yang digunakan terutama dalam keadaan cair, dan bahan kimia cair industri penting lainnya.



Gambar 4. Liquid cargo barge

2.1.4. *Car-float Barge*

Jenis tongkang laut ini terutama digunakan pada awal abad ke-20 untuk mengangkut kereta rel. Secara sederhana, dapat dikatakan bahwa kereta-kereta yang terpasang pada tongkang-tongkang ini seperti kereta-rel portabel yang diangkut dari satu lokasi ke lokasi lain. Di zaman sekarang, *car-float barge*, masih berfungsi di beberapa bagian Amerika Serikat.



Gambar 5. Car-Float Barge

2.1.5. *Split Hopper Barge*

Tongkang unik ini digunakan untuk membawa material kerukan karena dilengkapi dengan alat bongkar muat yang tepat. Tongkang *hopper split* digunakan secara luas dalam tujuan konstruksi kelautan karena dapat membongkar material (Tanah, pasir, material kerukan, dll.) Di lokasi. Tongkang ini dapat berupa tipe *self-propelled* yang dilengkapi dengan motor hidrolik dan unit silinder untuk membelah lambung. Ini memiliki lambung terbuka split yang dioperasikan secara hidrolik untuk membawa bongkar muat bahan konstruksi.



Gambar 6. *Split Hopper Barge*

2.1.6. *Power barge*

Power Barge merupakan pembangkit listrik yang dapat dipindahkan yang dimana pembangkit listrik yang dipasang di dek tongkang dan ditarik oleh kapal tunda. Mulanya *power barge* digunakan sebagai sumber daya pembangkit listrik berskala besar yang dapat di angkut selama Perang dunia II.



Gambar 7. *Power barge*

2.2. Operasional Kapal tunda dan tongkang

2.2.1. Operasional

Menurut <https://kbbi.web.id/operasional> arti kata operasional ialah berhubungan dengan operasi, yang dimana operasi yang dimaksud berdasarkan pada aturan, operasi yang sesuai dan tidak menyimpang dari suatu norma atau kaidah. Dilansir melalui kaskus.co.id Secara umum, Pengertian Operasional adalah konsep yang bersifat abstrak untuk memudahkan pengukuran suatu variabel. atau operasional dapat diartikan sebagai pedoman dalam melakukan suatu kegiatan ataupun pekerjaan penelitian.

Definisi operasional menurut karakteristik yang diobservasi untuk didefinisikan atau mengubah konsep-konsep yang berupa konstruk dengan kata-kata yang menggambarkan suatu perilaku atau gejala yang diamati, diuji dan di tentukan kebenarannya kepada orang lain. operasional adalah defenisi praktis atau operasional

bukan defenisi teoritis tentang variable atau istilah lain dalam penelitian dalam penulisan yang dianggap penting.

2.2.2. Kapal Tunda atau *Tug Boat*

Menurut situs kutipan dari id.wikipedia.org/wiki/Kapal_tunda menyatakan bahwa pengertian kapal tunda (bahasa Inggris: *tug boat*) adalah kapal yang dapat digunakan untuk melakukan manouver/ pergerakan, utamanya menarik atau mendorong kapal lainnya di pelabuhan, laut lepas atau melalui sungai atau terusan. Kapal tunda digunakan pula untuk menarik tongkang, kapal rusak, dan peralatan lainnya.

Kapal tunda memiliki tenaga yang besar bila dibandingkan dengan ukurannya. Kapal tunda zaman dulu menggunakan mesin uap, saat ini menggunakan mesin diesel. Mesin Induk kapal tunda biasanya berkekuatan antara 750 sampai 3.000 tenaga kuda (500 s.d. 2.000 kW), tetapi kapal yang lebih besar (digunakan di laut lepas) dapat berkekuatan sampai 25.000 tenaga kuda (20.000 kW). Kebanyakan mesin yang digunakan sama dengan mesin kereta api, tetapi di kapal menggerakkan baling-baling. Dan untuk keselamatan biasanya digunakan minimum dua buah mesin induk.



Gambar 8. Kapal tunda

Kapal tunda memiliki kemampuan manuver yang tinggi, tergantung dari unit penggerak. Kapal Tunda dengan penggerak konvensional memiliki baling-baling di belakang, efisien untuk 10 menarik kapal dari pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Jenis penggerak lainnya sering disebut *Schottel propulsion system* (azimuth thruster/ Z propeller) di mana baling-baling di bawah kapal dapat bergerak 360 derajat atau sistem propulsi *Voith-Schneider*, yang menggunakan semacam pisau di bawah kapal yang dapat membuat kapal berputar 360 derajat.

Secara umum, kapal tunda atau *tug boat* diperlukan untuk membantu menarik kapal lainnya, sesuai dengan kegunaannya maka kemampuan tenaga pendorong dan peruntukan kapal tunda atau *tug boat* ditetapkan oleh syahbandar.

Posisi kapal tunda ini berbeda saat menunda kapal, oleh karena itu menurut posisinya kapal tunda pada saat menunda kapal dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a. Towing Tug Boat (Kapal Tunda Tarik)

- b. Pushing Tug Boat (Kapal Tunda Dorong)
- c. Side Tug Boat (Kapal Tunda Tempel)

Adapun keputusan Menteri Perhubungan yang dikutip dari KM No. 24 Tahun 2002 BAB IV Penyelenggaraan Pemanduan, menerangkan tentang penggunaan kapal tunda untuk membantu olah gerak kapal. Adapun ketentuan penggunaan jasa penundaan yang berlaku yaitu:

- a. Panjang kapal 70 meter sampai dengan 100 meter menggunakan 1 (satu) unit kapal tunda yang mempunyai daya minimal 800 HP
- b. Panjang kapal diatas 100 meter sampai dengan 150 meter menggunakan 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 1600 HP
- c. Panjang kapal diatas 150 meter sampai dengan 200 meter menggunakan 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 3400 HP
- d. Panjang kapal diatas 200 meter sampai dengan 300 meter menggunakan minimal 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 5000 HP
- e. Panjang kapal diatas 300 meter, ditunda minimal 3 (tiga) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 10000 HP

Berdasarkan pernyataan diatas maka kapal tunda ialah kapal yang memiliki tenaga besar bila dibandingkan dengan ukurannya, dan dapat digunakan untuk maneuver/mengolah gerak utamanya, menarik atau mendorong kapal lain dilaut lepas maupun membantu proses lepas sandar di dermaga suatu pelabuhan.

2.2.3. Operasional Kapal Tunda dan Tongkang

Pengoperasian kapal tunda dan tongkang sering kita jumpai di sepanjang Selat Malaka, atau bahkan di perairan Asia Tenggara dan negara Asia lainnya. Tongkang yang mengangkut kargo atau barang lainnya umumnya tidak memiliki propeller sendiri sehingga bergantung pada kapal tunda untuk memberinya daya dorong, sehingga kapal tunda adalah tenaga penggerak utama dari tongkang yang dihubungkan menggunakan tali penarik jarak tongkang bisa mencapai 200 m atau lebih, Metode yang paling umum kita jumpai adalah derek tunggal (single tow), dimana satu kapal tunda menarik satu tongkang.

Untuk menghitung berapa tarikan tonggak kapal tunda terhadap tongkang yang ditarik dengan perpindahan Δ dan dimensi formula berikut, maka *Transport Canada Publication* telah mengeluarkan (TP 11960 E tahun 1995) sebagai panduan.

$$BP = \{(\Delta^2 / 3 V^3 / 120 \times 60) + (0,06 B \times D)\} \times K \quad (1)$$

Keterangan:

BP = tarik tonggak yang diperlukan (ton)

Δ = perpindahan penuh dari kapal derek (ton)

V = kecepatan derek (knot)

B = luasnya kapal penarik (meter)

D = kedalaman bagian melintang yang terbuka dari kapal penarik termasuk muatan geladak, diukur di atas permukaan air (meter)

K = faktor yang mencerminkan potensi kondisi cuaca dan laut;

f untuk derek pantai yang terbuka K = 1,0 hingga 3,0

f untuk derek pantai terlindung $K = 0,75$ hingga $2,0$

f untuk derek air yang dilindungi $K = 0,5$ hingga $1,5$

Penting untuk memahami efek dari gerakan pada kapal apa pun terutama dengan kapal tunda saat menarik. Pengetahuan tentang efek dari gerakan tersebut membantu tug master untuk memahami cara mengarahkan tongkang yang di tarik dalam situasi yang berbeda. Tongkang akan mengalami gerakan-gerakan pada saat pengoperasiannya. Kekuatan-kekuatan ini bisa berupa gerakan kemudi ataupun tarikan ke satu arah yang akan menyebabkan posisi tongkang akan berubah. Gerakan tersebut berupa gerakan *Swaying* dan *Yawing*.



Gambar 9. Kapal tunda pada pengoperasiannya

2.3. *Course keeping stability*

Course keeping stability adalah kemampuan untuk mengarahkan sebuah kapal ke arah yang lurus dengan gerakan kemudi (*rudder*) yang minim walaupun adanya gangguan. (*Committee of Commerce, 1977*). Secara umum *course keeping stability* masih perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk melihat gerakan kapal yang

terjadi. Menurut *Committee of Commerce, course keeping stability* dibagi menjadi 2 yaitu stabil secara dinamis dan stabil secara statis. Stabil secara statis yang dimaksud ketika kapal tidak mendapat gangguan dan kapal tersebut berjalan kearah yang lurus, sedangkan stabil secara dinamis yaitu ketika kapal mendapat gangguan pada gerak kapal, kapal tersebut akan meneruskan gerakan tersebut sepanjang kapal tersebut menerima gangguan dengan mengabaikan pengaruh dari kemudi.

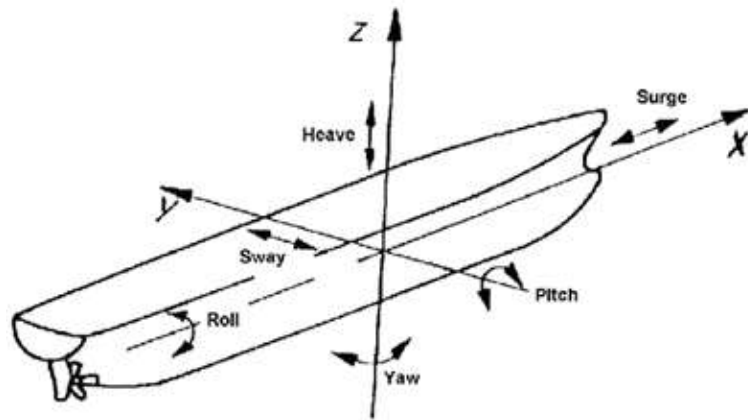
Course keeping stability sistem penarik kapal sangat penting dalam air dan diam kondisi udara masih. Pada kenyataannya, kapal tunda dan kapal derek selalu terbuka untuk beberapa derajat angin di arah yang berbeda. Diperlukan investigasi yang andal baik menggunakan pendekatan teoretis maupun eksperimental untuk dapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang stabilitas jalannya kapal sistem derek dengan gangguan eksternal seperti itu.

Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa studi mengenai *course keeping stability* kapal sistem derek dibahas untuk menyelidiki karakteristik gerak kapal derek dalam berbagai kecepatan dan sudut angin. Kijima dan Varyani (1986) melakukan analisis linier dan ditemukan bahwa ketika sudut angin berubah dari haluan ke buritan, stabilitas dari kapal yang ditarik cenderung menjadi tidak stabil. Selain itu, Kijima dan Wada (1983) mempresentasikan bahwa tentu saja stabilitas tongkang yang ditarik biasanya tidak stabil. Menggunakan model eksperimental dalam tangki penarik, Yasukawa dan Nakamura (2007) menemukan bahwa stabilitas tongkang yang tidak stabil akan pulih. Namun, tongkang yang ditarik itu dipisahkan dari kapal tunda, dimana gerak kapal tunda diasumsikan diberikan.

2.4. Gerak Kapal

Kita ketahui bahwa kapal dalam operasinya berada di atas fluida cair yang berupa air laut atau air tawar. Pada saat itulah kapal akan mengalami gerakan yang disebabkan baik dari kapal itu sendiri (manouveribility) maupun dari faktor luar (seakeeping). Gerakan yang berasal dari faktor luar kapal yaitu iklim yang tidak mendukung yang mengakibatkan gelombang besar, terjadi badai yang sangat berbahaya bagi kapal maupun ABK dan penumpang maupun gerakan yang timbul akibat pengaruh adanya kebocoran pada kapal tersebut. Agar kapal dalam berlayar selamat sampai tujuan maka sebelum pembangunan kapal dilakukan, perlu dilakukan perhitungan dan pengujian olah gerak kapal dengan bermacam-macam tingkat gelombang. Salah satunya dengan Seakeeping model test menyediakan data yang berhubungan dengan ship's seaworthiness, yang didasarkan pada strip theory method yang diikuti dengan percobaan model di Towing tank dan MOB (free running model).

Setiap struktur terapung yang bergerak di atas permukaan laut selalu mengalami gerakan rotasi dan translasi. Namun dalam penelitian course stability gerakan yang di perhatikan yaitu gerakan swaying dan gerakan yawing, karena gerakan ini bekerja di bawah gaya atau momen pengembali ketika struktur itu terganggu dari posisi kesetimbangannya.



Gambar 10. Gerak seakeeping kapal

2.4.1. Gerak Sway

Swaying adalah gerakan translasi kapal yang terjadi dimana pergerakan pergeseran kapal dari kiri ke kanan (stabilitas arah). Menurut Berlian Arswendo A., Wempi (2011), gerakan translasi yaitu gerakan lurus beraturan sesuai dengan sumbunya dimana gerak sway bekerja pada sumbu Y.

2.4.2. Gerak Yaw

Yawing adalah gerakan rotasi kapal dimana pergerakan memutar sisi bagian kapal agar dapat di kemudikan (stabilitas gerak samping). Gerakan rotasi yaitu gerakan memutar sumbunya dimana pada gerak yaw sumbu yang bekerja yaitu sumbu Z.

2.5. Pengujian Model

Sebelum membuat model, ukuran model merupakan prioritas utama yang perlu diperhatikan karena dalam hal ini besarnya ukuran model haruslah sesuai dengan

tempat melakukan pengujian model sehingga diperlukan penskalaan terhadap ukuran kapal sampel untuk mendapatkan ukuran model.

Dalam penentuan skala model tergantung dari ukuran utama kapal yang sebenarnya, ukuran tangki percobaan, dan kecepatan tarik. Mengingat bahwa permukaan bebas zat cair pada tangki percobaan sangat terbatas, sehingga ombak yang ditimbulkan oleh dinding tangki akibat adanya getaran akan mempengaruhi gerakan model tersebut.

Dalam pengujian ini, kami menyajikan alat numerik yang andal, yang mampu memprediksi stabilitas sistem penarik di air yang tenang. Pasangan model menarik kapal melalui derek. Sistem diterapkan untuk kapal derek untuk menjaga trek yang diinginkan. Metode memodelkan gerakan penyeret. Pendekatan ini meningkatkan akurasi menghitung gaya normal dan aksial yang dialami dalam gerakan penyeret dinamis. Persamaan gerak linier diturunkan untuk mengkonfirmasi validitas analisis nonlinier di mana batas stabilitas penarik dan daerah ketidakstabilan ditentukan. Beberapa parameter penarik diperlakukan untuk menguji efeknya terhadap stabilitas jalur. Kami berharap bahwa pendekatan numerik yang disajikan akan mengurangi biaya eksperimental yang mahal, meskipun validasi dalam investigasi ini sangat dianjurkan.

Untuk menghindari terjadinya ombak pada dinding tangki atau biasa disebut dengan "*Blockage Effect*" maka ukuran model harus disesuaikan dengan ukuran tangki serta tinggi air dalam tangki dengan sarat model.

Dalam percobaan dengan menggunakan model fisik, ukuran kapal ditransfer ke skala model, dengan demikian maka harus ada atau harus dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. Hukum perbandingan yang dipakai harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Kesamaan geometris

Kesamaan geometris merupakan hal yang sangat sulit untuk dipenuhi mengingat bahwa dalam pelayaran kapal dilaut, permukaan air laut dianggap luas tak berhingga dan kedalaman yang tak berhingga pula sementara ukuran kolam terbatas dengan ukuran model kapal harus kecil, sebanding dengan ukuran kolam atau lainnya. Demikian pula tekanan permukaan pada tangki percobaan yang dianggap sama dengan tekanan atmosfer, yang seharusnya tekanan tersebut harus diturunkan. Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi – dimensi linier model, misalnya :

Hubungan antara kapal dan model dinyatakan dengan λ dimana :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m} \quad (2)$$

Dimana :

λ = skala perbandingan

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

B_s = lebar kapal (m)

B_m = lebar model (m)

$T_s = \text{sarat kapal (m)}$

$T_m = \text{sarat model (m)}$

Kesamaan geometris juga menunjukkan hubungan antara model dan tangki percobaan. Percobaan dari berbagai referensi :

- TOOD :

$L_m < T \text{ tangki}$

$L_m < \frac{1}{2} B \text{ tangki}$

- HARVALD:

$B_m < \frac{1}{10} B \text{ tangki}$

$T_m < \frac{1}{10} T \text{ tangki}$

- UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

$L_m < \frac{1}{2} b \text{ tangki}$

$B_m < \frac{1}{15} B \text{ tangki}$

$A_o m < 0,4 A_o \text{ tangki.}$

2. Kesamaan kinematis

Kesamaan kinematis antara model dan kapal lebih menitik beratkan pada hubungan antara kecepatan model dengan kecepatan kapal sebenarnya. Dengan adanya skala yang menunjukkan hubungan antara kecepatan model dan kecepatan kapal yang sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa kesamaan kinematis bisa terpenuhi.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (3)$$

Atau :

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}} \quad (4)$$

Dimana :

Fr = angka froude

Ls = panjang kapal (m)

Lm = panjang model (m)

Vs = kecepatan kapal (m/dt)

Vm = kecepatan model (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²).

3. Kesamaan Dinamis

Gaya – gaya yang bekerja berkenaan dengan gerakan fluida sekeliling model dan kapal pada setiap titik atau tempat yang besesuaian harus mempunyai besar dan arah yang sama, dalam hal ini kesatuan harga Reynold yang menggambarkan perbandingan gaya – gaya inersia dengan viskositas :

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (5)$$

Atau :

$$\frac{V_m \cdot L_m}{\nu} = \frac{V_s \cdot L_s}{\nu} \quad (6)$$

Dimana :

Rn = angka reynold

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

V_s = kecepatan kapal (m/dt)

V_m = kecepatan model (m/dt)

ν = viskositas kinematis fluida (m^2/dt) = $1,1883 \times 10^{-6}$ (m^2/dt)

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/dt^2$)

Dengan demikian jika diinginkan tercapainya kesamaan dinamis disamping kesamaan geometris dan kesamaan kinematis, maka angka Reynold untuk model harus sama dengan angka skala penuh.

2.6. Tangki Tarik (*Towing Tank*)

Towing tank adalah tanki percobaan yang berisikan air tawar (tidak digunakan air asin dengan alasan kerusakan alat / model), berbentuk persegi panjang. *Towing tank* umumnya digunakan untuk mengetes tahanan dengan menggunakan model yang bergerak dalam tanki pada kecepatan tertentu sepanjang tanki. (Djabbar, 2011)

Ada beberapa tipe *towing tank* yang biasa digunakan dalam percobaan model, yakni sebagai berikut : (Djabbar, 2011).

1. Towing tank dengan beban atau gravitasi

Tangki ini dilengkapi dengan tali (senar) yang mengelilingi rol atau katrol, masing-masing saling berlawanan pada ujung katrol. Salah satu katrol bertindak sebagai pengemudi dan lainnya sebagai pengikat atau pengantar.

Katrol pengemudi ini mempunyai poros pada axisnya, proyeksi, proyeksi dari poros pada kedua sisinya. Salah satu sisi poros menahan tali pengikat sistem pemberat dan yang lainnya menahan bobot lawan. Tahanan dapat diketahui dengan menggunakan sistem pembebanan dengan memakai gaya pemberat melalui katrol, dimana pembebanan pada piringan bobot mula lebih berat dari bobot lawan.

Apabila model yang ditarik bergerak pada kecepatan konstan dibawah gaya ini, maka gaya tersebut sama dengan tahanan total model pada kecepatan tersebut.

2. Towing tank dengan kereta penarik

Model dikemudikan oleh mesin dan dilengkapi dengan penarik yang berlawanan arah dengan model yang berada dibawahnya. Kereta penarik tersebut membawa alat yang dapat mengukur dan mencatat kecepatan pelayaran dan tahanan model yang bergerak di air.

Tipe semacam inilah yang akan digunakan dalam melakukan percobaan yang terdapat di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalam Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Berikut beberapa gambar tangki percobaan, termasuk alat penarik model :



Gambar 11. Kolam uji



Gambar 12. Alat penarik model (*carriage*)

Tangki derek berfungsi untuk uji ketahanan dan uji propulsi dengan model kapal yang diderek dan swadaya untuk menentukan seberapa besar daya yang harus disediakan mesin untuk mencapai kecepatan yang ditetapkan dalam kontrak antara galangan kapal dan pemilik kapal. Tank penarik juga berfungsi untuk menentukan perilaku manuver dalam skala model. Untuk ini, model self-propelled dihadapkan pada serangkaian manuver zig-zag pada amplitudo sudut kemudi yang berbeda. Pasca pemrosesan data uji dengan cara identifikasi sistem menghasilkan model numerik untuk mensimulasikan manuver lain seperti uji spiral Dieudonné atau lingkaran

berputar. Selain itu, tangki penarik dapat dilengkapi dengan PMM (planar motion mechanism) atau CPMC (computerized planar motion carriage) untuk mengukur kekuatan dan momen hidrodinamika di kapal atau benda yang terendam di bawah pengaruh aliran masuk yang miring dan gerakan yang ditegakkan. Tank penarik juga dapat dilengkapi dengan generator gelombang untuk melakukan tes seakeeping, baik dengan mensimulasikan gelombang alami (tidak teratur) atau dengan memaparkan model ke paket gelombang yang menghasilkan serangkaian statistik yang dikenal sebagai operator amplitudo respons (RAO), yang menentukan kemungkinan perilaku kehidupan-laut di kehidupan nyata kapal ketika beroperasi di laut dengan berbagai amplitudo dan frekuensi gelombang (parameter ini dikenal sebagai kondisi laut). Fasilitas pengujian seakeeping modern dapat menentukan statistik RAO ini, dengan bantuan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang sesuai, dalam satu pengujian.

2.7. Kebocoran Kapal

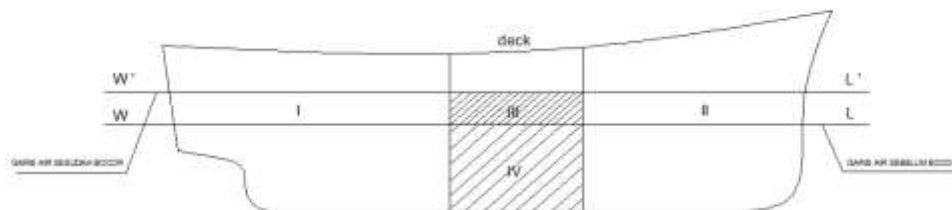
Kebocoran ialah masuknya air kedalam salah satu ruangan atau kompartemen dari kapal yang disebabkan oleh bocornya ruangan tersebut atau adanya peristiwa lain yang menyebabkan air dapat masuk kedalam ruangan kapal.



Gambar 13 Kapal yang mengalami kobocoran

Dalam Gambar 13. terlihat bahwa permukaan air bocor sama tingginya dengan garis air muat kapal setelah bocor. Dalam hal ini bocor dianggap sebagai muatan zat cair. Untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang akibat kebocoran ini, terdapatlah suatu ketentuan sebagai berikut:

Disebabkan oleh adanya kebocoran, maka pemindahan air dari suatu kapal menjadi berkurang dengan volume air bocor. Misalnya semula volume pemindahan air dari kapal 1000 m^3 , maka setelah terjadi kebocoran pada salah satu ruangan dari kapal sebesar 100 m^3 , volume pemindahan air dari kapal tersebut berkurang menjadi $1000 \text{ m}^3 - 100 \text{ m}^3 = 900 \text{ m}^3$. Karena dalam hal ini beratnya kapal tetap maka kapal tadi terpaksa menambah saratnya untuk mengisi kekurangan displasmennya.



Gambar 14. Volume air pada kebocoran

Volume lapisan I + volume lapisan II = volume tangki yang terdiri dari volume III dan IV, atau dengan kata lain volume air yang bocor = volume lapisan I + volume lapisan II. Dalam perhitungan isi dari ruang bocor, maka isi dari penguat-penguat yang terdapat di dalam ruangan tersebut boleh diabaikan. Tapi untuk mendapatkan perhitungan yang lebih tepat, kita mengenal adanya apa yang disebut dengan *permeabilitet* (μ).

Sebagai contoh jika sebuah ruangan mempunyai *permeabilitet* (μ), maka itu berarti bahwa: $(100 - \mu) \%$ dari ruangan tersebut berisi muatan, sehingga $\mu \%$ nya dapat terisi dengan air yang bocor. Dari penjelasan ini dapat diketahui bahwa sebuah ruangan yang di dalamnya sama sekali kosong dari muatan, maka μ nya = 100 %. Artinya jika ruangan tersebut karena suatu peristiwa mengalami kebocoran, maka air yang dapat masuk kedalam ruangan tersebut adalah sama dengan isi ruangan tersebut. Jadi, 100% dari isi ruangan tersebut terisi dengan air bocor.

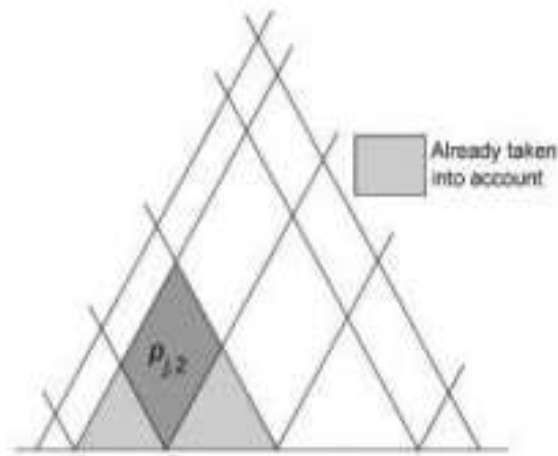
Untuk lebih jelasnya, contoh sebuah ruangan mempunyai $\mu = 70\%$. Ini berarti bahwa: $(100 - 70)\% = 30\%$ dari ruangan berisi muatan, sedangkan 70% nya dapat terisi dengan air bocor.

Hal – hal yang dapat terjadi bila kapal mengalami kebocoran:

- Terjadi perubahan sarat kapal
- Terjadi perubahan titik G dan B
- Terjadi trim dan oleng
- Stabilitas kapal terganggu

Penentuan skenario kompartemen kebocoran dilakukan pada kondisi air tenang dan model kapal tongkang tidak dalam keadaan ditarik. Penentuan skenario kompartemen kebocoran dilakukan untuk mengetahui momen trim dan momen healing kapal sebelum di tarik. Adapun tahapan dalam penentuan skenario kebocoran, yaitu:

1. Penentuan skenario kompartemen kebocoran berdasarkan pada MSC 429 dimana kebocoran simetris memungkinkan dilakukan pada sisi kiri atau sisi kanan pada model dan titik kompartemen dibocorkan harus berdekatan seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Skenario kompartemen kebocoran menurut MSC 429

2. Perhitungan hidrostatik berdasarkan pengujian model.
3. Pengecekan *trim* pada tiap kompartemen kebocoran.
4. Skenario 1 kompartemen kebocoran dianggap simetris jadi yang dilakukan pengujian hanya di 1 sisi model

5. Skenario 2 kompartemen dianggap simetris jadi pengujian yang dilakukan hanya pada 1 sisi model dan pengujian yang dilakukan dengan kebocoran yang berdekatan.