

**SKRIPSI**  
**PENGUJIAN COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG MELALUI**  
**PENGUJIAN MODEL PADA KONDISI INTAC**

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

*Sarjana Teknik Perkapalan Fakultas Teknik*

*Universitas Hasanuddin*



**ANDI IZARMAN SUTARYA**

**D311 15 314**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

**SKRIPSI**  
**PENGUJIAN COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG MELALUI**  
**PENGUJIAN MODEL PADA KONDISI INTAC**

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

*Sarjana Teknik Perkapalan Fakultas Teknik*

*Universitas Hasanuddin*



**ANDI IZARMAN SUTARYA**

**D311 15 314**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“PENGUJIAN COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG MELALUI  
PENGUJIAN MODEL PADA KONDISI INTAC”**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI IZARMAN SUTARYA  
D311 15 314**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 15 Agustus 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping.



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT  
NIP. 19730206200012002



Ir. Lukman Bochary, MT  
NIP. 195811271988031003

Ketua Departemen Teknik Perkapalan,



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.  
NIP. 197302062000121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Andi Izarman Sutarya, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul ” **ANALISA COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG MELALUI PENGUJIAN MODEL PADA KONDISI INTAC**”, 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, 13 Juni 2022

Yang membuat pernyataan,



**Andi Izarman Sutarya**  
**D31115314**

## 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 hasil ini dengan judul penelitian yaitu:

### **“PENGUJIAN COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG MELALUI PENGUJIAN MODEL PADA KONDISI INTAC”**

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 TALAI ,S.Pd** dan **Alm. Ibu SUMIATI ,S.Pd.** 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 Bochary, 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. Rekan-rekan di Laboratorium Hidrodinamika, yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. 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, 13 Juni 2022

## Daftar isi

ABSTRAK .....	ix
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
KATA PENGANTAR .....	i
Daftar isi .....	iii
Daftar tabel .....	v
Daftar Gambar .....	vi
Daftar Lampiran.....	viii
BAB 1    PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Batasan Masalah .....	3
1.5    Manfaat Penelitian .....	3
1.6    Sistematika Penulisan .....	3
BAB 2    TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Kapal Tongkang .....	5
2.2    Operasional Kapal tunda dan tongkang .....	6
2.2.1    Kapal Tunda atau Tug Boat .....	7
2.2.2    Operasional Kapal Tunda dan Tongkang.....	9
2.3    Course keeping stability.....	10
2.4    Gerak Kapal.....	11
2.4.1    Gerak Sway .....	12
2.4.2    Gerak Yaw .....	13
2.5    Pengujian Model.....	13
2.6    Tangki Tarik ( <i>Towing Tank</i> ) .....	16
BAB 3    METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1    Jenis Penelitian .....	19
3.2    Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19

3.3	Metode Pengumpulan Data .....	19
3.4	Metode Pengolahan Data .....	19
3.4.1	Data Kapal.....	20
3.4.2	Skala geometri.....	20
3.4.3	Pemodelan .....	21
3.4.4	Pembuatan Model Fisik .....	22
3.4.5	Penentuan skenario .....	31
3.5	Pengujian model .....	31
3.6	Analisis Data .....	34
3.7	Penarikan Kesimpulan .....	34
3.8	Kerangka Berpikir .....	34
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1	Pengujian tali nilon Diameter 4 mm .....	36
4.2	Pengujian scenario penarikan.....	36
4.3	Analisis gerak yaw pada sarat 100% .....	37
4.3.1	Analisis gerak yaw pada 75% .....	37
4.4	Analisis gerak sway .....	38
4.4.1	Analisis gerak sway pada sarat 100% .....	39
4.4.2	Analisis gerak sway 75% .....	39
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran .....	41
	DAFTAR PUSTAKA .....	42



### **Daftar tabel**

Tabel 1. Ukuran utama kapal.....	20
Tabel 2. Ukuran model kapal dengan skala 1:50.....	22
Tabel 3. Panjang tali.....	23
Tabel 4. Variasi Sarat.....	24
Tabel 5. Kebutuhan / material pembuatan model.....	25

## Daftar Gambar

Gambar 2.1.Kapal tongkang.....	5
Gambar 2.2 Tali Tunda .....	6
Gambar 2.3 Kapal tunda .....	7
Gambar 2.4 Kapal tunda pada pengoperasiannya .....	10
Gambar 2.5 Gerak seakeeping kapal .....	12
Gambar 2.6 Kolam uji.....	17
Gambar 2.7 Alat penarik model ( <i>carriage</i> ).....	17
Gambar 3.1 <i>Lines Plan</i> .....	20
Gambar 3.2 Pemodelan melalui aplikasi AutoCAD.....	21
Gambar 3.3 Panjang tali 1L.....	23
Gambar 3.4 Panjang tali 1,5L.....	23
Gambar 3.5 Panjang tali 2L.....	23
Gambar 3.6 Sarat 100% .....	24
Gambar 3.7 Sarat 75% .....	24
Gambar 3.8 <i>Section</i> .....	26
Gambar 3.9 <i>Frame</i> .....	26
Gambar 3.10 Pembentukan <i>frame</i> .....	27
Gambar 3.11 direkatkan pada pola waterline .....	27
Gambar 3.12 Proses pemasangan kulit .....	28
Gambar 3.13 Hasil setelah pemasangan kulit .....	28
Gambar 3.14 Pemberian resin dan <i>fiber matt</i> .....	29
Gambar 3.15 Model setelah proses dempul .....	29
Gambar 3.16 Hasil pengecatan <i>epoxy</i> .....	30
Gambar 3.17 Hasil pengecatan model .....	30
Gambar 3.18 Hasil <i>marking</i> model.....	30
Gambar 3.19 Pengujian tegangan tali .....	31
Gambar 3.20 Skema pengambilan data.....	32
Gambar 3.21 Posisi penempatan alat pengambilan data.....	33
Gambar 3.22 Kerangka berpikir .....	35

Gambar 4.1 Modulus Elastisitas .....	36
Gambar 4.2 Analisis gerak yaw 100% .....	37
Gambar 4.3 Analisis gerak yaw 75% .....	38
Gambar 4.4 Analisis gerak <i>Sway</i> .....	39
Gambar 4.5 Analisis gerak sway sarat 100% .....	39
Gambar 4.6 Analisis gerak sway sarat 75% .....	40

## Daftar Lampiran

Lampiran 1. Data pengujian.....	44
Lampiran 2. Analisis data Yaw sarat 100 %.....	45
Lampiran 3. Analisis data Yaw sarat 75%.....	49
Lampiran 4. Analisis data Sway sarat 100%.....	52
Lampiran 5. Analisis data Sway sarat 75%.....	53

## **PENGUJIAN COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG PADA KONDISI INTAC**

**Andi Izarman Sutarya, Suandar Baso & Lukman Bochary**

Departemen Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddiin, Gowa

Jl. Poros Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

### **ABSTRAK**

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.. Sistem penarik yang tidak tepat dapat menyebabkan ketidak stabilan pada kapal tongkang yang serius dan menyebabkan kecelakaan,oleng dan kandas terbawa arus. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter hidrostatis pada tongkang serta,pengaruh *sway* dan *yaw* terhadap stabilitas kapal tongkang.Jenis penelitian ini berbasis laboratorium, yakni pengujian model dengan cara membuat model kapal tongkang dengan skala 1 : 50 kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui gerak *sway* dan *yaw stability* pada kapal tongkang. Pada *sway* dan *yaw stability* kapal tongkang pada saat penelitian. Dalam experiment ini didapatkan hasil Gerak *sway* terbaik diperoleh pada pengujian panjang tali 2L hal ini terjadi karena semakin sedikit amplitudo yang terjadi sehingga stabilitas model tongkang dikatakan baik.

**Kata kunci** : *sway dan yaw Stability*, Pengujian Model.

**PENGUJIAN COURSE OF STABILITY KAPAL TONGKANG PADA  
KONDISI INTAC**

**Andi Izarman Sutarya, Suandar Baso & Lukman Bochary**

Departemen Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddiin, Gowa

Jl. Poros Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

**ABSTRACT**

In designing a ship, several aspects need to be considered, one of which is an important aspect that needs to be considered is about the movement of the ship due to seawater waves in the desired waters. This is related to the movement of the ship which is the response of a ship from the outside forces acting on the ship. Improper towing systems can cause serious instability in barges and cause accidents, scuttle and run aground in the current. This study aims to determine the hydrostatic parameters on barges as well as, the influence of sways and yaws on the stability of barges. This type of research is laboratory-based, namely model testing by making a barge model with a scale of 1: 50 then testing is carried out to determine the sway motion and yaw stability on the barge. On the sway and yaw stability of the barge at the time of the study. In this experiment, the best sway motion results were obtained in the 2L rope length test, this happened because the less amplitude that occurred so that the stability of the barge model was said to be good.

**Keywords** : *sway dan yaw Stability, experimen.*

## **BAB 1**

### **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. Kerugian yang mungkin paling banyak dialami kapal tunda dan tongkang adalah kandas.

Hal ini umumnya disebabkan oleh suatu faktor atau kombinasi dari beberapa faktor seperti kerusakan mesin, tarikan kapal tunda yang kurang kuat, peta navigasi yang tidak diperbarui, serta kerusakan pada tali atau roda gigi penarik. Terbaliknyapun kapal juga umumnya disebabkan oleh faktor-faktor diatas,

dan kadang kala diakibatkan oleh penempatan dan/atau pengaturan kargo yang menyebabkan ketidakstabilan atau kerusakan struktural.

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 dikarenakan dalam pemuatan barang curah yang titik beratnya mudah bergeser.

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 *intac*. Adapun gerakan kapal pada saat kondisi *Intac* yang di fokuskan yaitu *Swaying* dan *Yawing*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Seberapa besar pengaruh stabilitas gerak *yawing* yang ada saat terhadap togkang ?
2. Seberapa besar pengaruh stabilitas gerak *swaying* yang ditarik terhadap tongkang ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

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

1. Menentukan pengaruh gerak *yawing* terhadap tongkang.
2. Menentukan pengaruh gerak *swying* terhadap tongkang.



#### **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. dengan skala perbandingan 1 : 50.
2. Dilakukan dengan tongkang yang di tarik menggunakan tali nilon diameter 4 mm.
3. Pengujian dengan tali nilon untuk mengetahui modulus elastisitas tali
4. Metode yang digunakan dalam mengerjakan penelitian ini adalah pengujian model.
5. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan pada geometris.
6. Pengujian dilakukan dengan keadaan sarat tongkang 100% dan sarat 75 % dan 3 variasi jarak tali tunda tugboat dengan kapal tongkang.
7. Pengujian parameter hidrostatik di air tenang pada kondisi tongkang di Tarik
8. Pengujian gerak *Swaying* dan *Yawing* dilakukan di air tenang.
9. 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.
3. Dijadikan sebagai media bahan ajar terkait dengan materi *Course keeping stability*.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Berikut adalah sistematika penulisan dalam penelitian ini yakni :

1. BAB 1 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.

## 2. 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.

## 3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

## 4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

## 5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

## 6. DAFTAR PUSTAKA

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

## 7. LAMPIRAN

## BAB 2

### 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 2.1.Kapal tongkang

Sumber : <https://seosatu.com/>

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.

Tali tunda di gunakan dalam pengoperasian kapal tongkang, Kapal tuongkang dibantu ditarik oleh tug boat (kapal Tunda) yang terhubung dengan tali penarik di jarak beberapa meter dapat dilihat pada Gambar 2.2. Kapal tongkang menjadi pilihan utama dalam mengangkut barang bentuk curah dalam jumlah yang besar.



Gambar 2.2 Tali tunda

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q.>

## **2.2 Operasional Kapal tunda dan tongkang**

*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.

### **2.2.1 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.



Gambar 2.3 Kapal tunda

[https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal\\_tunda](https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_tunda)

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.

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:

1. Towing Tug Boat (Kapal Tunda Tarik)
2. Pushing Tug Boat (Kapal Tunda Dorong)
3. 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:

1. Panjang kapal 70 meter sampai dengan 100 meter menggunakan 1 (satu) unit kapal tunda yang mempunyai daya minimal 800 HP
2. Panjang kapal diatas 100 meter sampai dengan 150 meter menggunakan 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 1600 HP

3. Panjang kapal diatas 150 meter sampai dengan 200 meter menggunakan 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 3400 HP
4. Panjang kapal diatas 200 meter sampai dengan 300 meter menggunakan minimal 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 5000 HP
5. 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.

### 2.2.2 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  $\Delta$  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)

$\Delta$  = 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 2.4 Kapal tunda pada pengoperasiannya

<https://idntimes.com/istimewa>

### 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.

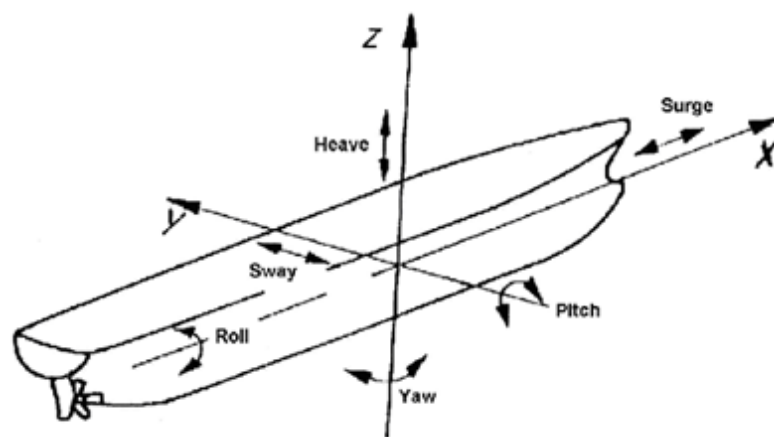
## **2.4 Gerak Kapal**

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 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 2.5 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  $\lambda$  dimana :

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

Dimana :

- $\lambda$  = skala perbandingan
- $L_s$  = panjang kapal (m)
- $L_m$  = panjang model (m)
- $B_s$  = lebar kapal (m)
- $B_m$  = lebar model (m)
- $T_s$  = sarat kapal (m)
- $T_m$  = sarat model (m)

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

- TOOD :
  - $L_m < T$  tangki
  - $L_m < \frac{1}{2} B$  tangki
- HARVALD:
  - $B_m < \frac{1}{10} B$  tangki
  - $T_m < \frac{1}{10} T$  tangki

- UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

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

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

$A_o m < 0,4 A_o$  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

$L_s$  = panjang kapal (m)

$L_m$  = panjang model (m)

$V_s$  = kecepatan kapal (m/dt)

$V_m$  = kecepatan model (m/dt)

$g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/dt<sup>2</sup>).

## 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
- Ls = panjang kapal (m)
- Lm = panjang model (m)
- Vs = kecepatan kapal (m/dt)
- Vm = kecepatan model (m/dt)
- $\nu$  = viskositas kinematis fluida (m<sup>2</sup>/dt) = 1,1883 x 10<sup>-6</sup> (m<sup>2</sup>/dt)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt<sup>2</sup>)

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 2.6 Kolam uji



Gambar 2.7 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.