

SKRIPSI

**DESAIN DAN BIAYA PRODUKSI  
KEMUDI PERAHU FIBERGLASS**



*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Strata Satu  
Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin*

Oleh :

**FANNY HAYKAL NOOR**  
**D311 14 314**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti seminar dan ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

**Judul Skripsi :**

**“ DESAIN DAN BIAYA PRODUKSI KEMUDI PERAHU FIBERGLASS ”**

Disusun Oleh :

**FANNY HAYKAL NOOR**

**D311 14 314**

Gowa, Juli 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

**Farianto Fachruddin L. ST. MT**  
Nip. 19700426 199412 1 001

Pembimbing II

**Wahyuddin, ST., MT.**  
Nip. 19720205 199903 1 002

Mengetahui,



Ketua Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

**Dr. E.P. Suandar Baso, ST., MT.**  
Nip. 19730206 200012 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fanny Haykal Noor

NIM : D311 14 314

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : SI

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

### DESAIN DAN BIAYA PRODUKSI KEMUDI PERAHU FIBERGLASS

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 16 Juli 2021

Yang menyatakan,



The image shows a handwritten signature in black ink over a rectangular stamp. The stamp contains the text 'METRAI TEMPEL' and 'FAKULTAS PERKAPALAN' along with a small emblem. The signature is written over the stamp and extends to the right.

## **DESAIN DAN BIAYA PRODUKSI KEMUDI PERAHU FIBERGLASS**

**Fanny Haykal Noor, Farianto Fachruddin L &  
Wahyuddin**

Departemen Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddiin, Gowa  
Jl. Poros Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

### **ABSTRAK**

Kemudi dan instalasinya adalah suatu *system* didalam kapa da perahul yang memegang peranan penting didalam pelayaran dan menjamin kemampuan olah gerak kapal Untuk menunjang pergerakan perahu nelayan, khususnya perahu nelayan di daerah Patontongan bermanuver dilaut, dibutuhkan sistem kemudi yang bisa menggerakkan perahu secara efisien. Pemasangan sistem kemudi yang tidak *centerline* dapat berpengaruh terhadap *manuver* perahu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi kemudi yang baru menggunakan bahan *fiberglass* dan sistem kemudi yang opsional dengan bentuk pengikat yang berbeda dan dapat digunakan oleh masyarakat nelayan, kemudian dilakukan perhitungan material untuk mendapatkan biaya pembuatan kemudi. Hasil penelitian ini mendapatkan ukuran dimensi daun kemudi yaitu panjang kemudi 40 cm, lebar kemudi 5 cm, tinggi kemudi 47 cm, dan luasan kemudi sebesar 1883 cm<sup>2</sup>. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat sistem kemudi adalah untuk sistem kemudi model 1 adalah Rp. 2.322.000,00 dan sistem kemudi model 2 adalah Rp. 2.290.000,00, Hal ini dapat menjadi pertimbangan masyarakat nelayan untuk memilih sistem kemudi yang akan digunakan.

Kata kunci: Kemudi, *fiberglass*, *Manuver*, perhitungan bia

# **CONSTRUCTION AND MANUFACTURING COSTS OF BOAT STEERING FROM FIBERGLASS**

**Fanny Haykal Noor, Farianto Fachruddin L &  
Wahyuddin**

Naval Department  
Faculty of Engineering, University of Hasanuddiin, Gowa Jl.  
Poros Malino, Gowa Regency, South Sulawesi 92119

## **ABSTRACT**

The rudder and its installation is a system in the ship and boat that plays an important role in shipping and ensures the maneuverability of the ship. To aid the movement of fishing boats, particularly fishing boats in the Patontongan to maneuver at sea, a control system that can move the boat efficiently is needed. Installing a control system that is off-center line can reduce the maneuverability of the Affect the boat. The aim of this study is to determine the dimensions of a new fiber steering wheel and an optional steering system with various weave shapes that can be used by fishing communities, then material calculations will be performed to determine the cost of making the steering wheel. The results of this study revealed the dimensions of the steering wheel, namely the length of the rudder is 40 cm, the width of the rudder is 5 cm, the height of the rudder is 47 cm and the rudder area is 1883 cm<sup>2</sup>. The costs required for the production of the steering system for the steering system of model 1 are Rp. 2,322,000.00 and the steering system model 2 is Rp. 2,290,000.00, this may be a consideration for the fishing community to select the steering system to be used

Keywords: steering, fiberglass, maneuvers, costing

## **KATA PENGANTAR**

Penelitian ini merupakan tugas akhir sebagai syarat kelulusan dan meraih gelar Sarjana Teknik Universitas Hasanuddin. Skripsi ini berisi penelitian tentang Deesain dan produksi Biaya Kemudi Fiberglass.

Dalam rangkaian penelitian ini, dipaparkan hal – hal yang melatarbelakangi penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, referensi – referensi terkait penelitian, hasil yang diperoleh, serta saran dan kesimpulan. Skripsi ini memuat literatur tentang teori – teori berkaitan dengan bahan fiberglass kemudi kapal, dan biaya produksi..

Tugas akhir masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan dan saran sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi parapembaca secara umum dan terkhusus bagi penulis.

Gowa, J u l i 2021

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH



Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Subhahana Wataallah yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam kepada junjungan baginda Rasulullah SAW.

Selama proses pengerjaan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, ayahanda Saidiman dan ibunda Sitti Abida atas segala doa, dukungan dan kasih sayang yang tak terkira.
2. Bapak Farianto Fachruddin L, ST.,MT, selaku Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu kepada penulis, dalam mengarahkan dan mendorong sehingga penulisan ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Wahyuddin ST., MT., selaku Pembimbing II yang banyak memberikan masukan kepada penulis sehingga penulisan ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Moh. Rizal Firmansyah,ST.,MT, M.Eng. dan bapak Ir. Lukman Bochary, MT., selaku penguji dalam tugas akhir ini.
5. Bapak Dr.Eng. Suandar Baso, ST.,MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

6. Bapak / Ibu Dosen, Staf dan seluruh civitas akademik Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Saudara – saudaraku angkatan 2014 yang telah memberi pengalaman tentang persahabatan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Perkapalan.
8. Keluarga Besar Blok 1B no. 27 yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
9. Kepada teman-teman TEKNIK 2014, seluruh senior dan junior, serta semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, J u l i 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

Judul Halaman.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	4
1.1 Latar Belakang.....	4
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Kemudi .....	6
2.2 Jenis Kemudi .....	6
2.2.1 Berdasarkan letak daun kemudi terhadap poros kemudi .....	6
2.2.2 Berdasarkan letak terhadap sepatu.....	7
2.3 Dimensi Kemudi.....	7
2.3.1 Menentukan ordinary dan performance rudder .....	9
2.3.2 Menentukan dimensi kemudi.....	9
2.3.3 Memeriksa <i>rudder design</i> criteria.....	9

2.3.4 Menentukan dimensi/ bentuk kemudi.....	10
2.4. Manuver.....	11
2.5 Gerak kapal.....	11
2.6 Maneuvering Kemudi Kapal .....	12
2.7 Persamaan Matematika.....	14
2.7.1 Gaya dan Momen yang ditimbulkan Lambung ( <i>Hull</i> ).....	16
2.7.2 Koefisien Hidrodinamika.....	17
2.7.3 Gaya dan Momen yang ditimbulkan Baling-Baling ( <i>Propeller</i> ).....	19
2.7.4 Gaya dan Momen yang ditimbulkan Kemudi ( <i>Rudder</i> ) .....	19
2.8 Standar Maneuverability .....	21
2.9 Pengertian Produksi.....	27
2.9.1 Full costing .....	28
2.9.2 Variable costing .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>34</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	34
3.2 Alat dan Bahan .....	34
3.3 Data.....	34
3.4 Tahapan Analisis Data.....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Konsep Dasar.....	37
4.2. Gerak Cikar Maneuvering pada dengan Percobaan Simulasi Perahu Exsisting.....	40
4.2.1 Gerak Cikar Maneuvering ke kanan .....	40
4.2.2 Gerak Cikar Maneuvering ke kiri .....	44
4.2.3 Rasio Cikar .....	48

4.3 Perencanaan Dimensi Daun Kemudi.....	49
4.3.1 Rancangan Luas Daun Kemudi .....	50
4.3.2. Rancangan Konstruksi Daun Kemudi.....	
4.3.3 Rancangan Sistem Kemudi.....	54
4.4 Kebutuhan Material dan Alat .....	58
4.5. Kebutuhan Tenaga Kerja.....	63
4.6 Analisis Biaya.....	65
1. Biaya Material.....	65
2. Biaya Tenaga Kerja .....	69
3. Biaya Alat .....	70
4.7. Prosedur Pembuatan .....	70
4.7.1. Pembuatan Kemudi <i>Fiberglass</i> .....	70
4.8. Keunggulan dan Kelemahan Produk.....	74
4.9. Diskusi.....	75
BAB V PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA .....	80
LAMPIRAN.....	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Nilai Kc.....	9
Tabel 2. 2. Nilai Kc untuk performance rudder (BKI Vol II,2009).....	10
Tabel 4. 1. Ukuran utama perahu exsisting.....	41
Tabel 4. 2. Hasil data cikar kanan.....	43
Tabel 4. 3. Gerak cikar perahu pada kecepatan 6 knot.....	44
Tabel 4. 4. Gerak cikar perahu pada kecepatan 4,8 knot.....	45
Tabel 4. 5. Gerak cikar perahu pada kecepatan 3,7knot.....	46
Tabel 4. 6. Hasil data cikar kiri.....	47
Tabel 4. 7. Gerak cikar perahu pada kecepatan 6 knot.....	48
Tabel 4. 8. Gerak cikar perahu pada kecepatan 4,8 knot.....	49
Tabel 4. 9. Gerak cikar perahu pada kecepatan 3,7 knot.....	50
Tabel 4. 10. Tabel rasio advance.....	51
Tabel 4. 11. Tabel rasio diameter taktis.....	51
Tabel 4.12 Data ukuran kemudi rancangan.....	52
Tabel 4.13 kebutuhan Material .....	60
Tabel 4.14 kebutuhan Alat.....	61
Tabel 4.15 Suplai Bahan.....	64
Tabel 4.16 Durasi Waktu Pekerjaan.....	66
Tabel 4.17 Biaya Material Sistem Kemudi Model .....	66
Tabel 4.18 Biaya Material Sistem Kemudi Model 2.....	68
Tabel 4.19 Biaya Tenaga Kerja.....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Perahu existing.....	2
Gambar 1. 2. Perahu existing.....	2
Gambar 2. 1. Variasi bentuk rudder.....	5
Gambar 2. 2. Dimensi rudder (BKI Vol II, 2009).....	9
Gambar 2. 3. Aspek rasio untuk dimensi kemudi (Kim Hyun-Jun, 2012).....	12
Gambar 2. 4. Desain Criteria Kemudi (Kim Hyun-Jun, 2012).....	13
Gambar 2. 5. Gambar enam derajat kebebasan gerak kapal.....	17
Gambar 2. 6. Sistem koordinat kapal.....	23
Gambar 3. 1. Diagram alir.....	39
Gambar 4. 1. Bentuk kemudi perahu existing.....	41
Gambar 4. 2. Proyeksi sistem kemudi perahu existing.....	42
Gambar 4. 3. Gerak cakar perahu pada kecepatan 6 knot.....	44
Gambar 4. 4. Gerak cakar perahu pada kecepatan 4,8 knot.....	45
Gambar 4. 5. Gerak cakar perahu pada kecepatan 3,7 knot.....	46
Gambar 4. 6. Gerak cakar perahu pada kecepatan 6 knot.....	47.
Gambar 4. 7. Gerak cakar perahu pada kecepatan 4,8 knot.....	48
Gambar 4. 8. Gerak cakar perahu pada kecepatan 3,7 knot.....	49
Gambar 4. 9. Bentuk kemudi .....	53
Gambar 4. 10. Konstruksi memanjang kemudi.....	54
Gambar 4. 11. Konstruksi melintang kemudi.....	55
Gambar 4. 12. Bukaan kulit kemudi.....	56

Gambar 4. 13. Proyeksi sitem kemudi model 1.....	58
Gambar 4. 14. Pengikat kemudi model 1.....	59
Gambar 4. 15. Proyeksi sitem kemudi model 2.....	61
Gambar 4. 16. Pengikat kemudi model 2.....	62

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebagai Negara Maritim, Indonesia membutuhkan sarana kapal atau Perahu berukuran kecil di wilayah perairan Indonesia. Kapal untuk keperluan ini khususnya kapal nelayan dewasa ini sudah menggunakan bahan fiberglass, karena harganya murah, konstruksinya ringan, dan produksinya cepat (Ma'ruf,2009)

Masyarakat yang mempunyai mata pencaharian dan penghasilan sebagai nelayan merupakan salah satu dari kelompok masyarakat yang melakukan aktifitas usaha bersumber dari kegiatan nelayan itu sendiri. Nelayan adalah orang yang mata pencahariannya menangkap ikan (Yasifati, 2005)

Untuk menunjang pergerakan perahu nelayan, khususnya perahu nelayan di daerah Pantontongan bermanuver dilaut, dibutuhkan sistem kemudi yang bisa menggerakkan perahu secara efisien. Perahu yang digunakan nelayan-nelayan di daerah Pantontongan, Jeneponto merupakan perahu kecil dengan penempatan kemudi tidak berada dibelakang perahu atau posisi kemudi tidak centerline sehingga pergerakan kapal kurang maksimal, Hal ini didasari oleh keluhan salah satu warga di daerah Pantontongan yang mengeluhkan bahwa radius yang dibutuhkan tuas kemudi untuk bermanuver ke kiri lebih besar daripada ke kanan, seperti yang terlihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2. sehingga dalam penelitian ini akan mendesain kemudi dengan letak yang centerline yang dapat diaplikasikan di perahu nelayan tersebut



Gambar 1. 3. Perahu existing tampak kiri



Gambar 1. 4. Perahu existing tampak belakang



Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan diatas, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai:

**“DESAIN DAN BIAYA PRODUKSI  
KEMUDI PERAHU FIBERGLASS”**

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana dimensi dan bentuk kemudi yang akan digunakan pada perahu Fiberglass?
2. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi kemudi perahu Fiberglass?

### **1.3 Batasan Masalah**

1. Kemudi yang akan didesain menggunakan objek perahu *Fiberglass*.
2. Bentuk kemudi yang akan didesain mengadaptasi bentuk NACA.
3. Penelitian ini belum membahas kekuatan struktur kemudi.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan dimensi dan bentuk kemudi yang akan digunakan pada perahu *Fiberglass*.
2. Menentukan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi kemudi perahu *Fiberglass*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat dijadikan acuan penggunaan kemudi di perahu kecil.

2. Dapat dijadikan informasi kelayakan investasi produksi kemudi.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini disusun dalam 5 bab, dengan rincian sebagai berikut :

- **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

- **BAB II : LANDASAN TEORI**

Bab ini menguraikan tentang beberapa teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

- **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisikan metode yang digunakan untuk memperoleh hasil dan penelitian dan teknik analisa data.

- **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil dari penelitian disertai pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan

- **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisikan simpulan dari penulisan dan saran bagi pembaca

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Kemudi**

Kemudi kapal dan instalasinya adalah suatu system didalam kapal yang memegang peranan penting didalam pelayaran dan menjamin kemampuan olah

gerak kapal. Sehubungan peran ini, seyogjanya sebuah kemudi dan instalasinya harus memenuhi ketentuan didalam keselamatan suatu pelayaran ( Indra Kusna Jaya, 2008:247).

System kemudi mencakup semua bagian alat-alat yang diperlukan untuk mengemudikan kapal, mulai dari kemudi, poros, dan instalasi penggerak sampai ke pengemudinya sendiri.

## **2.2 Jenis Kemudi**

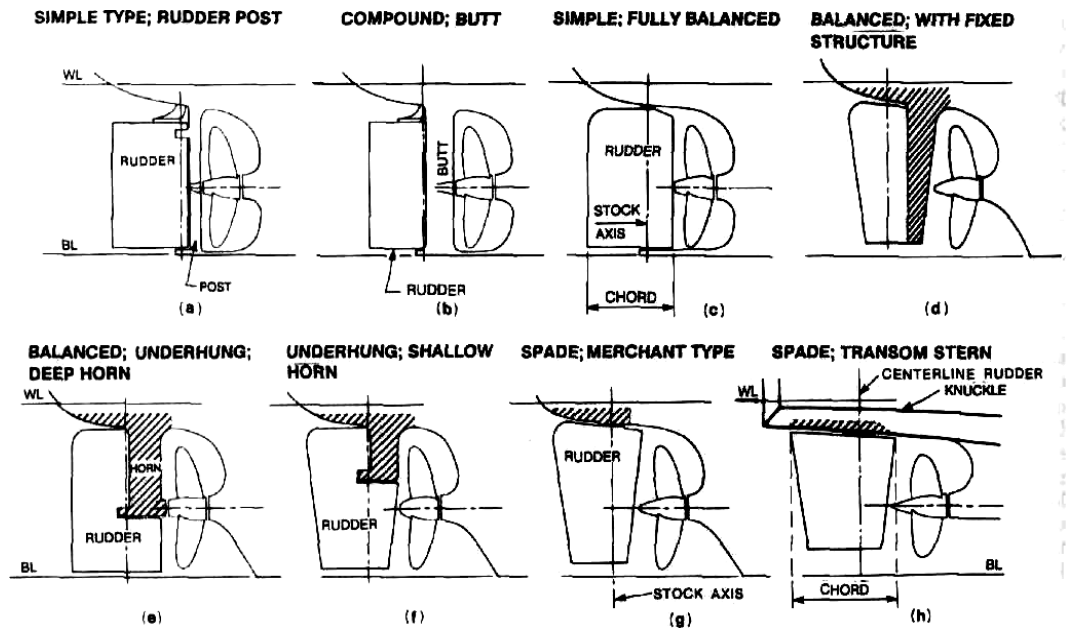
### **2.2.1 Berdasarkan letak daun kemudi terhadap poros kemudi**

- Kemudi biasa (unbalance), yaitu daun kemudi yang luasan kemudinya terdapat dibelakang sumbu putar atau poros kemudi.
- Kemudi balance, yaitu luasan daun kemudinya terbagi dibagian belakang dan depan poros kemudi.
- Kemudi semi balance gabungan dari kemudi unbalance dan kemudi balance dimana kemudi unbalance dibagian atas dan balance dibagian bawah.

### **2.2.2 Berdasarkan letak terhadap sepatu**

- Kemudi meletak yaitu kemudi yang sebagian besar bebannya menumpu pada sepatu kemudi.
- Kemudi menggantung yaitu kemudi yang sebagian besar bebannya menumpu pada bantalan kemudi di geladak.

- Kemudi setengah menggantung, kemudi yang bebannya disanggah oleh tanduk kemudi.



Gambar 2. 7. Variasi bentuk rudder

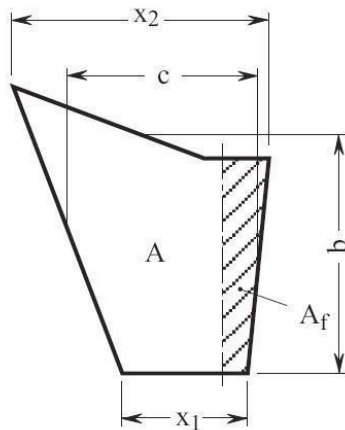
(Saunders, 1965)

### 2.3 Dimensi Kemudi

Dalam Rules BKI vol II pada Section 14 membahas tentang Geometri Kemudi atau rudder, persamaan yang digunakan untuk mencari tinggi dan lebar daun kemudi yaitu:

$$C = \frac{X_1 + X_2}{2}; \dots\dots\dots(1)$$

$$b = \frac{A}{2}; \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 2. 8. Dimensi rudder (BKI Vol II, 2009)

Dimana :

- $A$  = Luas mid-plane rudder yang berada di belakang poros
- $A_f$  = Luas mid-plane rudder yang berada di depan poros
- $c$  = Lebar rudder
- $b$  = Tinggi rudder
- $X_1$  = Lebar bagian bawah rudder
- $X_2$  = Lebar bagian atas rudder

Untuk mencari Luas mid-plane rudder menggunakan persamaan berikut.

$$\frac{c_1 \times c_2 \times c_3 \times c_4 \times 1,75 \times L \times T}{100}$$

Dimana:

- $L$  = Lbp kapal
- $T$  = Draft / sarat kapal
- $c_1$  = Faktor tipe kapal
- $c_1$  untuk kapal pada umumnya = 1.0

c1 untuk kapal bulk carrier dan tanker lebih dari 50.000 ton  
 = 0.9 c1 untuk kapal tunda = 0.7

c2 = Faktor tipe rudder

c2 untuk rudder pada umumnya = 1.0

c2 untuk tipe semi spade rudder = 0.9 c2 untuk tipe high lift rudder = 0.7

c3 = Faktor profil rudder

c3 untuk NACA profiles dan plate rudder = 1.0

c3 untuk hollow profiles dan mixed profiles = 0.8

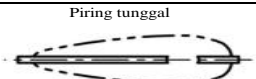

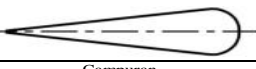

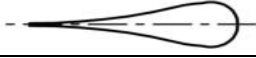
c4 = Faktor perencanaan rudder

c4 untuk rudder pada propeller jet = 1.0

c4 untuk rudder di luar propeller jet = 1.5

### 2.3.1 Menentukan ordinary dan performance rudder

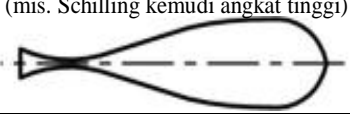
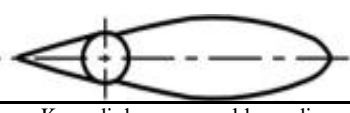
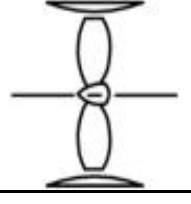
Tabel 2. 3. Nilai Kc  
 untuk ordinary rudder

	Jenis profil	Kc	
		Kondisi lanjutan	Status aster
untuk dayung biasa			
1	Piring tunggal 	1.0	1.0
2	NACA-OO Goettingen 	1.1	0.80
3	Sisi datar 	1.1	0.90
4th	Campuran (mis. HSVA) 	1.21	0.90
5	Berongga 	1.35	0.90

Ordinary rudder mempunyai beberapa tipe, yaitu single plate, NACA series, flat side, berongga dan campuran. **Gambar 2.3** menunjukkan nilai koefisien Kc untuk ordinary rudder.

Bentuk penampang bisa ditentukan dari koefisien Kc berdasarkan bentuk penampang. Ordinary rudder mempunyai beberapa jenis tipe seperti *single plate*, *NACA series*, *flat side*, *mix* dan *hollow*. Kemudi perahu yang digunakan nantinya adalah tipe NACA dengan nilai *ahead 11* dan *astern 0,80*.

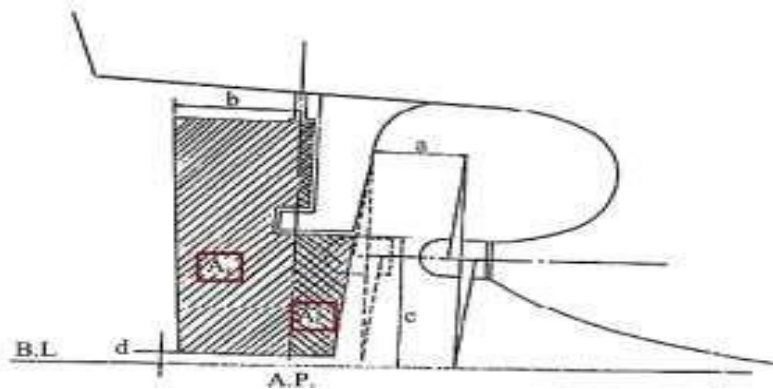
Tabel 2. 4. Nilai Kc untuk performance rudder (BKI Vol II,2009)

untuk kemudi pengangkatan / daya tinggi			
6	Buntut ikan (mis. Schilling kemudi angkat tinggi) 	1.4	0.8
7	Flap rudder 	1.7	jadilah istimewa dipertimbangkan; kecuali kalau diketahui: 1.3
8	Kemudi dengan nozel kemudi 	1.9	1.5

Tabel 2.2 menunjukkan nilai Kc untuk *performance rudder fish tail*, *flap* dan *steeringnozzle* pada kondisi *ahead* dan *astern*.

### 2.3.2 Menentukan dimensi kemudi

Dalam menentukan dimensi kemudi aspek yang terpenting adalah Aspek rasio dan *balance ratio*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 9. Aspek rasio untuk dimensi kemudi (Kim Hyun-Jun, 2012)

$$\text{Min. tip clearance} = a \geq 0,2 R \text{ (m)} \quad (3)$$

Dimana:

a = Jarak R

R = radius baling- baling

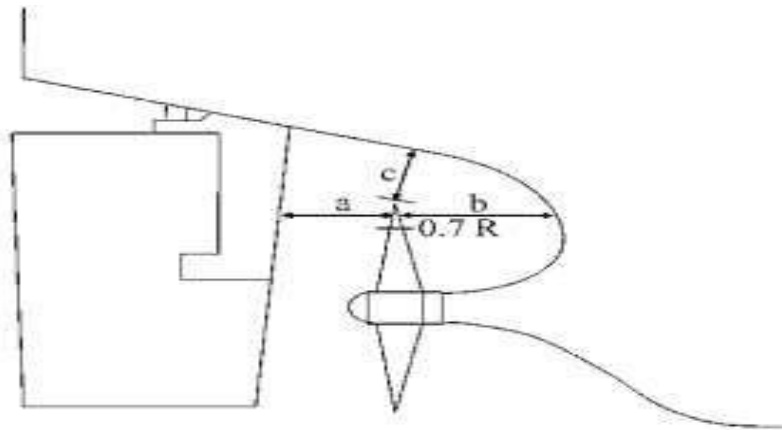
$$a \geq 0,2$$

### 2.3.3 Memeriksa *rudder design criteria*

Dalam tahap rudder design hal yang perlu diperiksa adalah jarak antara kemudi dan *propeller*, jarak antara *hull bottom* dan kemudi seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.6.**

Tetapi yang jadi acuan pertama adalah jarak antara kemudi dan *propeller* sebaiknya terletak dibelakang *propeller*. Pada **Gambar 2.6** interval a dan b semakin besar, maka getaran semakin kecil dan performa propulsi semakin baik.





Gambar 2. 10. Desain Criteria Kemudi (Kim Hyun-Jun, 2012)

$$a \geq 2R \quad (4)$$

$$b \geq (0.7 - 0.4Z)R \quad (5)$$

$$c \geq (0.48 - 0.2Z)R \quad (6) \text{ Dimana, } R = \text{diameter propeller}/2;$$

$Z = \text{jumlah daun kemudi}$

### 2.3.4 Menentukan dimensi/ bentuk kemudi

Profil bentuk kemudi telah dipertimbangkan sebelumnya pada tahap initial design. Tahap selanjutnya, jarak antara COG (Center of Gravity) kemudi dan AP harus disesuaikan paling kecil. Bentuk kemudi didesain dengan mempertimbangkan massa struktur kemudi tanpa menimbulkan tekanan yang berlebih sehingga mengakibatkan sebaran beban yang terlalu banyak pada struktur buritan kapal. Rules BKI Vol II menunjukkan minimum projected area pada persamaan (7).

$$A = \frac{dL}{100} \left( 1 + 25 \left( \frac{B}{L} \right)^2 \right) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

- A = Movable rudder vertical projected area;
- L = Panjang kapal
- B = Lebar kapal
- d = Sarat kapal.

#### 2.4. Manuver

**Maneuver kapal** (Manoeuvrability kapal) adalah kemampuan kapal untuk berbelok dan berputar saat berlayar. Kemampuan ini sangat menentukan keselamatan kapal, khususnya saat kapal beroperasi di perairan terbatas atau beroperasi di sekitar pelabuhan. Sehubungan dengan hal tersebut IMO (International Maritime Organisation) telah mensyaratkan sejumlah kriteria standar keselamatan kapal, diantaranya adalah turning ability dan course keeping-yaw checking ability.

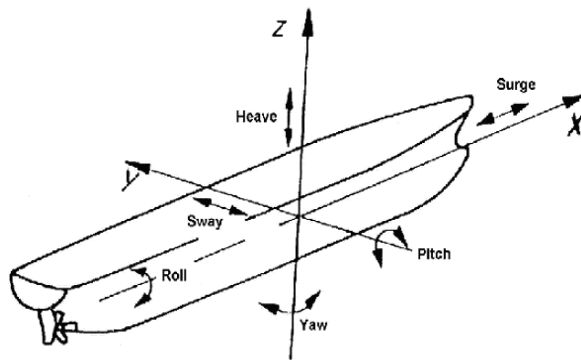
Secara prinsip manoeuvrability kapal sangat dipengaruhi oleh perancangan badan kapal, sistem propulsi dan sistem kemudi. Sejumlah elemen tersebut secara langsung memberi pengaruh yang signifikan terhadap gaya dan momen hidrodinamika saat kapal bermaneuver. Hal lain yang juga berpengaruh adalah akibat kondisi pemuatan kapal selama beroperasi.

Ditinjau dari segi keselamatan kapal, kemampuan olah gerak kapal adalah salah satu faktor yang penting diperhatikan. Selain bentuk lambung kapal, sistem penggerak dan sistem kemudi, ada sejumlah parameter lain yang turut mempengaruhi kemampuan manoeuvring kapal diantaranya: kecepatan kapal, trim haluan, perubahan sarat, pengaruh pusat daya apung memanjang, perbandingan

panjang dan lebar kapal, diameter daun baling-baling kapal, luasan daun kemudi dan dimensi lunas.

## 2.5 Gerak kapal

Pada prinsipnya perilaku *gerak kapal* dibagi dalam enam-derajat kebebasan (six-degree of freedom), yaitu: *surge*, *sway*, *yaw*, *heave*, *roll*, dan *pitch*. Penjelasan tentang arah vektor dari ke-enam derajat kebebasan tersebut ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 11. Gambar enam derajat kebebasan gerak kapal

Pengertian masing-masing dari Gambar 2-5, dapat dilihat dibawah ini :

1. *Surge* adalah salah satu gerak translasi kapal dimana kapal mengalami perpindahan pada sumbu x (berpindah arah sumbu x), pada gerak ini tidak terjadi perubahan massa kapal dan titik *bouyancy* sehingga tidak ada gaya pengembali.
2. *Sway* adalah salah satu gerak translasi kapal yang mengalami perpindahan pada sumbu y (berpindah ke samping), pada gerak ini titik berat kapal tidak berubah atau tetap sehingga tidak terjadi perubahan massa kapal dan titik *bouyancy* juga tidak berpindah dan tidak ada gaya pengembali.

3. *Yaw* adalah salah satu gerak rotasi kapal yang bergerak berputar pada sumbu z sehingga jika diamati dari atas maka dapat dilihat kapal bergerak berputar.
4. *Heave* adalah gerakan naik dan turun kapal secara vertikal.
5. *Roll* adalah gerak oleng yang merupakan gerak rotasi kapal pada sumbu x.
6. *Pitch* adalah gerakan anguler yang memutar kedepan dan belakang terhadap sumbu transversal kapal, sepanjang sumbu y.

IMO (International Maritime Organization) telah merekomendasikan beberapa kriteria standar untuk manuverabilitas kapal. Kriteria tersebut harus dipenuhi oleh sebuah kapal saat beroperasi baik di perairan yang dalam (deep water) maupun di perairan terbatas atau beroperasi di sekitar pelabuhan atau di perairan yang dangkal (restricted and shallow water). Kriteria tersebut diantaranya: turning ability, course-keeping dan yaw-checking ability serta stopping ability. Turning ability adalah kemampuan kapal bergerak melingkar dengan membentuk lintasan dengan sudut kemudi dan kecepatan penuh.

## **2.6 Maneuvering Kemudi Kapal**

Kemudi adalah perangkat untuk mengubah arah kapal dengan mengubah arah arus cairan yang mengakibatkan perubahan arah kapal. Kemudi ditempatkan diujung belakang lambung kapal/ buritan di belakang baling-baling digerakkan secara mekanis atau hidraulik dari anjungan dengan menggerakkan roda kemudi. Karena pentingnya peranan kemudi dalam menjalankan kapal maka diatur dalam Konvensi Internasional SOLAS dalam Bab II-1 Konstruksi yang menyangkut Pembagian dan stabilitas, permesinan dan instalasi listrik.

Ukuran kemudi tidak boleh terlalu besar atau terlalu kecil, bila terlalu besar mengakibatkan hambatan tetapi jika terlalu kecil mengakibatkan kapal kehilangan kendali khususnya pada kecepatan rendah. Besarnya disesuaikan dengan ukuran kapal, kecepatan kapal, bentuk lambung kapal serta penempatan kemudi. Penempatan kemudi biasanya di belakang propeler, sehingga arus yang ditimbulkan propeler dapat dimanfaatkan oleh kemudi untuk mengubah gaya yang bekerja pada kapal dengan lebih baik.

Perangkat kemudi induk harus mampu memutar daun kemudi dari kedudukan  $35^\circ$  di satu sisi sampai ke kedudukan  $35^\circ$  disisi lain selagi kapal berjalan maju dengan kecepatan ekonomis maksimum. Daun kemudi kapal harus dapat diputar dari kedudukan  $35^\circ$  disalah satu sisi ke kedudukan  $35^\circ$  disisi yang lain dalam waktu 28 detik pada kecepatan ekonomis maksimum. Perangkat kemudi bantu kapal harus dapat digerakkan dengan tenaga dimana pemerintah mensyaratkan bahwa garis tengah poros kemudi pada posisi celaga berukuran lebih 9'' ( 228,6 mm ). Jika unit tenaga perangkat kemudi induk dan sambungan – sambungannya di pasang secara rangkap yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Pemerintah, dan masing – masing unit tenaga itu dapat membuat perangkat kemudi kapal sesuai dengan syarat – syarat paragraf. Jika pemerintah mensyaratkan suatu poros kemudi kapal yang garis tengahnya pada posisi celaga lebih dari 9'' (228,6 mm) harus dilengkapi pengemudi pengganti.

*Rudder* memiliki kemampuan dalam menjaga arah sesuai dengan perintah. Karena persyaratan kemudi untuk kapal penumpang maka salah satu tipe daun

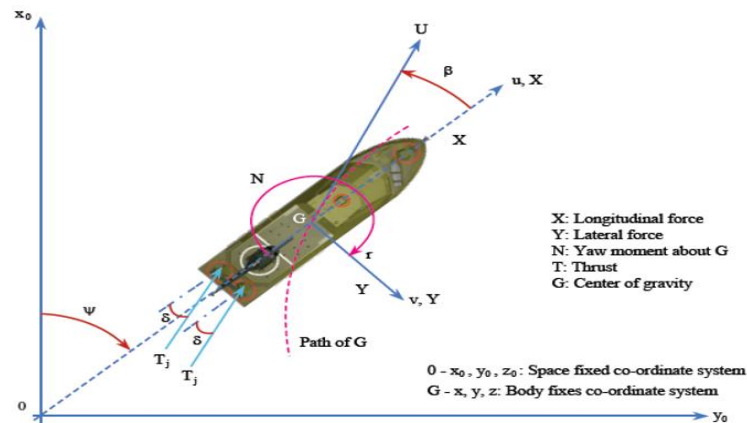
kemudi yang banyak digunakan adalah tipe Van Amorengen dengan spesifikasi antara  $-35^\circ$  sampai dengan  $35^\circ$  dan laju kerja *rudder*  $2,3^\circ - 7^\circ$  dalam tiap detik. Syarat untuk minimum laju rata-rata *rudder* ditentukan oleh klasifikasi perhimpunan. Hal tersebut disyaratkan bahwa *rudder* dapat digerakkan  $35^\circ$  dari *port* menuju  $35^\circ$  ke *starboard* dalam waktu tidak lebih dari 30 detik.

## 2.7 Persamaan Matematika

Dalam menganalisis *maneuver* kapal melalui simulasi komputer, pemodelan matematika adalah penting untuk dikembangkan. Pada penelitian ini model matematika dikembangkan berdasarkan persamaan gerak kapal (3 derajat kebebasan), yaitu gerak *surge*, *sway*, dan *yaw*.

Menurut Ogawa dan Kansai (1987), persamaan matematika untuk analisis *maneuver* melalui simulasi komputer dikembangkan berdasarkan konsep MMG (*Mathematical Modelling Group*), persamaan matematika tersebut meliputi pengujian persamaan terpisah komponen lambung, propeller, dan kemudi serta komponen interaksi antara ketiganya (lambung-propeller-kemudi).

Persamaan matematika gerak manuver kapal tersebut dapat diekspresikan sesuai sistem koordinat pada Gambar 2-2 di bawah ini:



Gambar 2. 12. Sistem koordinat kapal

(Sumber: Practical Ship Hydrodynamics)

$$X = m(\dot{v} - vr)$$

$$Y = m(\dot{v} - ur) \tag{2.1}$$

$$N = I_{zz}\dot{\psi} + xGY$$

dimana :

$X$  = gaya pada gerak *surge*

$Y$  = gaya pada gerak *sway*

$N$  = gaya pada gerak *yaw*

$m$  = berat kapal

$I_{zz}$  = momen inersia kapal

$xG$  = jarak dari kemudi terhadap *centre of gravity* (CG) pada sumbu  $x$

Menurut Yoshimura dan Masumoto (2011) model matematika prediksi gerak maneuver dapat digambarkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$(m + m_x)\dot{u}_G - (m + m_y)v_G r_G = X$$

$$(m + m_y)\dot{v}_G - (m + m_x)u_G r_G = Y \quad (2.2)$$

$$(I_{zz} + j_{zz})\dot{r}_G = N - x_G Y$$

Dimana :

$m$  : Massa Kapal

$I_{zz}$  : moment inersia kapal pada gerak yaw

$m_x, m_y$  dan  $j_{zz}$  : massa tambahan dan moment inersia

Notasi dari  $u, v$  dan  $r$  adalah komponen kecepatan terhadap titik berat kapal (G),  $U$  adalah komponen resultan kecepatan kapal. Selanjutnya  $X, Y$  dan  $N$  sebagai gaya dan momen hidrodinamika kapal. Gaya dan momen hidrodinamika tersebut dapat didefinisikan secara terpisah ke dalam berbagai fisik elemen gaya dan momen kapal sesuai dengan konsep yang dikembangkan MMG antara lain:

$$X = X_H + X_R + X_P$$

$$Y = Y_H + Y_R + Y_P \quad (2.3)$$

$$N = N_H + N_R + N_P$$

Dimana,  $H, P$  dan  $R$  adalah sebagai elemen lambung (*hull*), baling-baling (*propeller*), daun kemudi (*rudder*),

### 2.7.1 Gaya dan Momen yang ditimbulkan Lambung (*Hull*)

Persamaan gaya dan momen yang ditimbulkan lambung ( $X_H, Y_H$  dan  $N_H$ ) pada prinsipnya adalah sebuah pendekatan dari regresi *polynomial*  $\beta$  dan  $r^2$ . Selanjutnya koefisien dari persamaan tersebut dapat diistilahkan sebagai koefisien turunan



hidrodinamika, persamaan tersebut dapat dinyatakan dengan (Persamaan 4) di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 X_H &= \frac{1}{2} \rho L d U^2 ( X'_0 + X'_{\beta\beta} \beta^2 + (X'_{\beta r} - m'_y) \beta_r' + X'_{rr} r'^2 + X'_{\beta\beta\beta} \beta^3 ) \\
 Y_H &= \frac{1}{2} \rho L d U^2 ( Y'_\beta \beta + (Y'_r - m'_x) r' + Y'_{\beta\beta\beta} \beta^3 + Y'_{\beta\beta r} \beta^2 r' + Y'_{\beta r r} \beta r'^2 \\
 &\quad + Y'_{r r r} r'^3 ) \\
 N_H &= \frac{1}{2} \rho L^2 d U^2 ( N'_\beta \beta + N'_r r' + N'_{\beta\beta\beta} \beta^3 + N'_{\beta\beta r} \beta^2 r' + N'_{\beta r r} \beta r'^2 + \\
 &\quad N'_{r r r} r'^3 ) \tag{2.4}
 \end{aligned}$$

dimana :

$x_m, y_m$  : penambahan berat kapal (*added mass*)

$\beta$  : sudut belok kapal (*drift angle*)

$r'$  : perubahan sudut putar kapal per detik (*turning rate*) tanpa dimensi

Selanjutnya komponen  $\beta$  dan  $r'$  dapat diekspresikan dalam persamaan:

$$\beta = \tan^{-1}(v/u) \text{ dan } r' = r(L/U)$$

Dalam keadaan stabil kapal memiliki kecepatan surge konstan, kecepatan sway dan yawing.

### 2.7.2 Koefisien Hidrodinamika

Menurut Yoshimura dan Masumoto (2011), Adapun prediksi sejumlah koefisien turunan hidrodinamika gerak manuver kapal dilakukan berdasarkan metode semi-empirik, sebagai berikut:

$X_0$  = Koefisien tahanan kapal

$$X'_{\beta\beta} = 1.15 C_b / (L/B) - 0.18$$

$$X'_{\beta r} - m'_y = -1.91 Cb / (L/B) + 0.08$$

$$X'_{rr} + X'_G m'_y = -0.085 Cb / (L/B) + 0.008 \quad (2.4)$$

$$X'_{\beta\beta\beta} = -6.68 Cb / (L/B) + 1.10$$

dan,  $d_{em}$  = draught + false keel depth

$$Y'_\beta = Y'_{\beta 0}(1 + 0.54 \tau'^2)$$

$$Y'_{\beta 0} = 0.5\pi k + 1.4 Cb / (L/B) \quad (2.5)$$

$$Y'_r - m'_x = (Y'_r - m'_x)_0(1 + 1.8 \tau'^2)$$

$$(Y'_r - m'_x)_0 = 0.5 Cb / (L/B)$$

$$Y'_{\beta\beta\beta} = 0.185 (L/B) + 0.48 \quad (2.6)$$

$$Y'_{\beta\beta r} = -0.97\tau' / Cb - 0.75$$

$$Y'_{\beta rr} = 0.26 (1 - Cb) L/B + 1.10$$

$$Y'_{rrr} = 0.069\tau' - 0.051$$

Dimana,  $\tau' = trim / d_{em}$

$$N'_\beta = N'_{\beta 0}(1 - 0.85 \tau')$$

$$N'_{\beta 0} = k$$

$$N'_r = N'_{r0}(1 + 0.33 \tau')$$

$$N'_{r0} = -0.54 k + k^2 \quad (2.7)$$

$$N'_{\beta\beta\beta} = -0.69Cb + 0.66$$

$$N'_{\beta\beta r} = 1.55 Cb / (L/B) - 0.76$$

$$N'_{\beta rr} = 0.075 (1 - Cb) L/B - 0.098$$

$$N'_{rrr} = 0.25 Cb / (L/B) - 0.056$$

$$k = 2 d_{em} / L, K \text{ (lateral aspek ration of ship)}$$

### 2.7.3 Gaya dan Momen yang ditimbulkan Baling-Baling (*Propeller*)

Menurut Yasuo Yoshimura (2011) untuk persamaan gaya dan momen yang ditimbulkan propeller dan daun kemudi kapal dapat diekspresikan berdasarkan persamaan, sebagai berikut:

$$X_P = (1 - t)\rho K_T D_P^4 n^2 \quad (2.8)$$

$$Y_P = 0$$

$$N_P = 0$$

Dimana :  $K_T$  = Koefisien gaya dorong Propeller (J)

Dengan Persamaan sebagai berikut :  $K_T = a_0 + a_1 J + a_2 J^2$

$D_P$  = Diameter Propeller

1-t = Faktor deduksi gaya dorong akibat interaksi antara lambung dan propeller

### 2.7.4 Gaya dan Momen yang ditimbulkan Kemudi (*Rudder*)

Selanjutnya menurut Yasuo Yoshimura (2011) gaya dan momen pada daun

kemudi ( $X_R, Y_R$ , dan  $N_R$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_R &= -(1 - t_R)F_N \sin \delta \\ Y_R &= -(1 - a_H)F_N \cos \delta \\ X_R &= -(x_R + a_H x_H)F_N \cos \delta \end{aligned} \quad (2.9)$$

dimana:

$\delta$  = sudut kemiringan daun kemudi

$x_R$  = kedudukan posisi daun kemudi ( $=-L/2$ )

$t_P, t_R, a_H$  dan  $x_H$  = sejumlah koefisien gaya interaksi lambung, propeller dan daun kemudi.

Gaya yang dihasilkan daun kemudi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_N = \frac{\rho}{2} A_R f_a U_R^2 \sin a_R \quad (2.10)$$

dimana:

$A_R$  = luasan daun kemudi

$f_a$  = koefisien gaya angkat daun kemudi, koefisien tersebut didefinisikan

sebagai fungsi dari perbandingan *chord* dan *span* daun kemudi ( $\Lambda$ )

$$f_a = 6,13\Lambda / (2,25 + \Lambda)$$

$U_R$  dan  $a_R$  = kecepatan masuk aliran fluida pada daun kemudi dan sudut kemiringan daun kemudi.

Hubungan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$U_R = \sqrt{u_R^2 + v_R^2} \quad (2.11)$$

$$a_R = \delta - \tan^{-1} \left( \frac{-v_R}{u_R} \right) \quad (2.12)$$

Dimana :

$$u_R = \varepsilon (1 - w)u \sqrt{u \{1 + k (\sqrt{1 + (8K_T/\pi f^2)} - 1)\}^2 + (1 - \eta)}$$

$$a_R = \gamma_R(v - rl_R)$$

$$\varepsilon = u_{R0}/u_P = (1 - w_R)/(1 - w)$$

$$k = k_x/\varepsilon$$

$$\eta = D_P/H$$

$k_x$  = Rasio aliran propeller pada kemudi

$\varepsilon$ ,  $k$ ,  $\gamma_R$  dan  $l_R$  adalah sejumlah parameter kecepatan fluida yang melewati daun kemudi.  $1-w$  dan  $\eta$  adalah fraksi arus ikut propeller efektif dan efisiensi efektif propeller  $D_P/H$  adalah harga perbandingan diameter propeller dan tinggi daun kemudi.

## 2.8 Standar Maneuverability

Dalam *maneuvering* sebuah kapal, prosedur yang digunakan mengacu kepada peraturan standar kemampuan *maneuver* kapal yang direkomendasikan oleh *International Maritime Organization* (IMO) yakni resolusi MSC.137 (76) annex.6 tertanggal 4 Desember 2002 dan mulai diterapkan sejak tanggal 1 Januari 2004, yang mana resolusi ini merupakan amandemen terhadap resolusi sebelumnya yakni A.751 (18) mengenai standar kemampuan *maneuver* kapal.

Mengacu kepada penjelasan resolusi tersebut di atas, sebagaimana yang telah direkomendasikan oleh *International Maritime Organization* (IMO), aturan

standar yang dimaksud disini didasarkan atas pengertian bahwa kemampuan *maneuver* kapal dapat dievaluasi berdasarkan karakteristik dari pengujian *maneuver* seperti biasanya atau secara konvensional, dimana kapal yang dimaksud adalah kapal yang memiliki panjang 100 meter atau lebih (kecuali tanker dan gas carrier) dengan menggunakan sistem propulsi dan sistem kemudi (*steering*) konvensional yakni gaya dorong kapal dihasilkan oleh propeller yang digerakan oleh poros propeller. Standar *maneuver* dan terminologinya didefinisikan sebagai berikut :

a. *Zig-zag maneuver* dengan sudut kemudi 10 derajat/10 derajat dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Setelah tercapai *steady approach* dengan percepatan *yawing* sama dengan nol, maka kemudi dibelokkan sebesar 10 derajat ke arah *starboard* atau *portside* (eksekusi pertama).
2. Pada saat sudut *heading* berubah 10 derajat dari sudut *heading* semula, maka kemudi dibelokkan berlawanan atau dibalik 10 derajat ke arah *portside* atau *starboard* (eksekusi kedua).
3. Setelah kemudi dibelokkan ke arah *portside/starboard*, maka kapal akan terus berbelok pada arah semula dengan mengalami penurunan kecepatan belok. Untuk mengetahui respon kapal terhadap kemudi maka selanjutnya kapal harus dibelokkan ke arah *portside/starboard*. Ketika kapal sudah mencapai sudut *heading* 10 derajat ke arah *portside/starboard* lintasan semula maka selanjutnya kemudi dilawan

atau diarahkan sebaliknya yakni 10 derajat ke arah *starboard/portside* (eksekusi ketiga).

b. Sudut *overshoot* pertama adalah penambahan dari deviasi sudut *heading* pada *zig-zag maneuver* pada eksekusi kedua.

1. Sudut *overshoot* kedua adalah penambahan dari deviasi sudut *heading* pada *zig-zag maneuver* pada eksekusi ketiga.

2. *Zig-zag maneuver* dengan sudut kemudi 20 derajat/ 20 derajat dilaksanakan dengan prosedur yang sama dengan urutan prosedur no.3 sampai dengan no.5.

Dalam menganalisa *maneuver performance* kapal maka pengujian *maneuver* baik ke arah *portside* maupun *starboard* harus dilaksanakan dengan kondisi sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada perairan dalam (*deep water*) atau perairan tak terbatas (*unrestricted water*).
2. Kondisi perairan atau lingkungan yang tenang (*calm environment*).
3. Kondisi sarat penuh (sesuai dengan garis air pada musim panas), *even keel*.
4. *Steady approach* pada saat *speed test*.

IMO telah merekomendasikan beberapa kriteria standar untuk manuverabilitas kapal. Kriteria tersebut harus dipenuhi oleh sebuah kapal saat beroperasi baik di perairan yang dalam (*deep water*) maupun di perairan terbatas atau beroperasi di

sekitar pelabuhan atau di perairan yang dangkal (*restricted and shallow water*).

Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel berikut :

Tabel 1. Standar Manuverabilitas Kapal oleh IMO (Resolusi MSC 137 (76) 2002)

Ability	Test	Criteria
Turning ability	Turning test with max. Rudder Angle (35 deg.)	Advance <4,5 L Tactical Diameter <5,0 L
Initial turning ability	10° / 10° Z-test	Distance ship run before 2 <sup>nd</sup> rudder execution < 2,5 L
Stopping ability	Stopping test with full astern	Track reach < 15 L
Course-keeping and yaw-checking ability	10° / 10° Z-test	1 <sup>st</sup> Overshoot <10° (L/U<10 <(5+0,5 (L/U))° (10s<L/U<30s) <20° (30s<L/U)
		2 <sup>nd</sup> Overshoot <25° (L/U<10s) <(17,5+0,75(L/U))° (10s<L/U<30s) <40° (30s<L/U)
Course-keeping and yaw-checking ability	First Overshoot Angle 20°/20° Zig-zag test	Mandatory $l_{10}$ <2.5 L

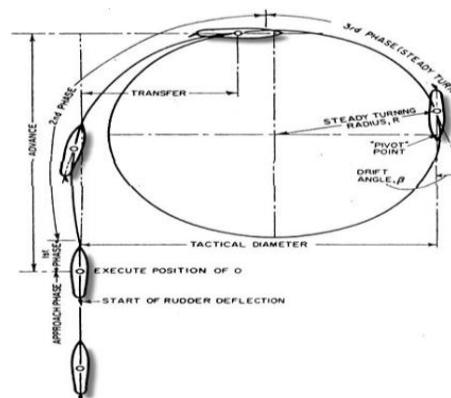


Manuver yang digunakan dalam percobaan di laut mengikuti rekomendasi dari *maneuvering trial code of ITTC (1975) and the Imo circular MSC 389 (1985)*. IMO juga menentukan penampilan dari beberapa hasil pada poster, *bucklet* dan *maneuvering bucklet* pada IMO resolution A.601 (15)(1987).

Standar pengujian yang diperlukan dalam manuver kapal disyaratkan dalam IMO Resolusi MSC 137 (76) (2002) antara lain:

### Turning Cycle Test.

*Turning cycle test*, mulai dari gerak lurus dengan laju konstan, *rudder* dihidupkan dengan kecepatan maksimum ke sudut  $\delta$  (sudut kemudi maksimum) dan tetap pada sudut tersebut, sampai kapal telah melakukan *turning cycle* paling kurang  $540^\circ$ . percobaan dilakukan untuk bagian *port* dan *starboard*. Informasi penting yang diperoleh dari manuver tersebut umumnya dengan menggunakan GPS yang terdiri atas.



Gambar 2. 13. Turning cycle maneuver (Sumber: IMO Resolusi MSC 137 (76))

Beberapa parameter yang digunakan untuk mendefinisikan kinerja kapal pada saat berputar adalah:

1. *Drift angel* (sudut drift), adalah sudut antara haluan kapal dan arah gerakan. Sudut tersebut bervariasi sepanjang kapal.
2. *Advance*, merupakan jarak dari pelaksanaan awal ke sumbu x pada kapal ketika telah berbelok 90°.
3. *The transfer*, merupakan jarak dari jalur ke awal mula kapal ketika sumbu x pada kapal telah berbelok 90°.
4. *The tactical diameter*, merupakan jarak dari jalur awal ke sumbu x pada kapal ketika kapal telah berbelok 180°.
5. *The diameter of the steady turning circle*, diameter dari lingkaran yang terus-menerus berputar. Kondisi tetap biasanya dihubungkan pada beberapa titik antara perubahan 90° dan 180° dari perubahan pos.

Nilai-nilai khas adalah *tactical diameter* dari 4,5-7 L untuk yang ramping, 2,4-4 untuk kapal pendek dan kapal yang penuh. Menentukan rasio yang ramping  $L/\sqrt[3]{\nabla}$ , dimana  $\nabla$  adalah volume displacement. *Turning cycle* manuver harus dilakukan pada kedua bagian sisi kapal dengan 30° atau sudut maksimum kemudi yang diperbolehkan pada tes kecepatan. Informasi penting yang akan diperoleh dari manuver ini adalah *tactical diameter*, *advance*, and *transfer*.

## 2.9 Pengertian Produksi

Pengertian produksi mencakup setiap usaha manusia yang, baik secara langsung atau tidak langsung, menghasilkan barang dan jasa supaya (lebih) berguna untuk memenuhi suatu kebutuhan manusia (Gilarso, 1992).

Pengertian produksi mencakup setiap usaha manusia yang, baik secara langsung atau tidak langsung, menghasilkan barang dan jasa supaya (lebih) berguna untuk

memenuhi suatu kebutuhan manusia (Gilarso, 1992 : 85).

Produksi adalah segala kegiatan dalam menciptakan dan menambah kegunaan (*utility*) sesuatu barang atau jasa, untuk kegiatan mana dibutuhkan faktor-faktor (Assauri, 1978 : 7).

Secara umum fungsi produksi bertanggung jawab atas pengolahan bahan baku dan penolong menjadi barang jadi atau jasa yang akan memberikan hasil pendapatan bagi perusahaan. Untuk melaksanakan fungsi produksi ini diperlukan serangkaian kegiatan yang merupakan suatu sistem.

Agar sistem tersebut dapat berjalan atau beroperasi secara efektif maka diperlukan manajemen. Tugas manajemen adalah mengatur bagaimana seluruh kegiatan direncanakan, dipadukan dan dikendalikan agar menghasilkan *output* atau hasil sesuai dengan jumlah, kualitas, waktu dan biaya yang telah ditetapkan.

Daljono (2004:13) mendefinisikan biaya sebagai suatu pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang, untuk mendapatkan barang atau jasa yang diharapkan akan memberikan keuntungan atau manfaat pada saat ini atau masa yang akan datang. Dari pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa biaya merupakan suatu pengorbanan sumber daya ekonomi untuk mencapai tujuan tertentu yang bermanfaat pada saat ini atau masa yang akan datang. Biaya-biaya dari suatu pengorbanan dibentuk oleh nilai dari banyaknya kapasitas produksi yang diperlukan untuk memproduksi barang-barang.

Harga pokok produksi menurut Mulyadi (2007:10) merupakan pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk memperoleh penghasilan. Harga pokok produksi

menurut Hansen dan Mowen (2004:8) harga pokok produksi adalah mewakili jumlah barang yang diselesaikan pada periode tertentu. Wijaksono (2006:10) mendefinisikan harga pokok produksi adalah sejumlah nilai aktiva, tetapi apabila tahun berjalan aktiva tersebut dimanfaatkan untuk membantu memperoleh penghasilan. Dari berbagai pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa harga pokok produksi adalah semua pengorbanan yang dilakukan perusahaan untuk memproduksi suatu produk.

Metode penentuan harga pokok produksi adalah cara memperhitungkan unsur-unsur biaya ke dalam harga pokok produksi. Dalam memperhitungkan unsur biaya ini, terdapat dua pendekatan yaitu.

### **2.9.1 Full costing**

Mulyadi (2009:17) full costing merupakan metode penentuan cost produksi yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya overhead pabrik, baik yang berperilaku variable maupun tetap. Dapat dikatakan bahwa metode full costing merupakan metode penentuan harga pokok yang memasukan biaya overhead pabrik baik yang berperilaku tetap maupun variabel, dibebankan kepada produk yang diproduksi atas dasar tarif yang ditentukan di muka pada biaya overhead sesungguhnya. Dengan demikian harga pokok produksi menurut metode full costing sebagai berikut:

- Biaya bahan baku
- Biaya tenaga kerja langsung
- Biaya overhead pabrik variable
- Biaya overhead pabrik tetap

- Harga pokok produksi
- Biaya Administrasi & Umum
- Biaya Pemasaran
- Biaya Komersil

(Mulyadi,2009:18) menyatakan Biaya pabrikan (product cost) sering disebut sebagai biaya produksi atau biaya pabrik, terdiri dari sebagai berikut.

#### 1. Biaya bahan

Biaya bahan adalah nilai atau besarnya upah yang terkandung dalam bahan yang digunakan untuk proses produksi. Bahan baku adalah bahan mentah yang digunakan untuk memproduksi barang jadi, yang secara fisik dapat diidentifikasi pada barang jadi. Biaya atau harga pokok bahan yang dipakai dihitung sebagai berikut :

- Persediaan awal periode
- Pembelian bahan langsung
- Persediaan yang tersedia untuk dipakai
- Persediaan akhir periode

#### 2. Biaya tenaga kerja

Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang secara fisik langsung terlibat dengan pembuatan produk. Biaya yang timbul karenanya merupakan biaya tenaga kerja utama yang dapat ditelusuri melekatnya pada produk. Besarnya biaya tenaga kerja utama yang dapat dihitung berdasarkan jam kerja, hari kerja, dan satuan produk. Biaya tenaga kerja langsung terdiri dari :

- Gaji karyawan pabrik

- Upah lembur karyawan pabrik
- Biaya kesejahteraan karyawan pabrik
- Upah mandor pabrik
- Gaji manajer pabrik

### 3. Biaya overhead pabrik

Biaya overhead pabrik (factory overhead cost) adalah biaya yang timbul dalam proses produksi selain yang termasuk dalam biaya bahan baku dan biaya tenaga kerja langsung. Yang termasuk dalam biaya overhead pabrik adalah : biaya pemakaian supplies pabrik, biaya pemakaian minyak pelumas, biaya penyusutan bagian produksi, biaya pemeliharaan atau perawatan bagian produksi, biaya listrik bagian produksi, biaya asuransi bagian produksi, biaya pengawasan, dan sebagainya.

Biaya overhead pabrik dapat dihitung sebagai berikut :

- Tenaga kerja manufaktur tidak langsung
- Perlengkapan
- 0050xxs temeliharaan
- Administrasi & Umum
- Penyusutan – Peralatan
- Penyusutan – Pabrik
- Lain – lain

Gabungan antara biaya bahan dengan biaya tenaga kerja, disebut biaya utama (prime cost), sedangkan gabungan antara biaya tenaga kerja dengan biaya overhead pabrik disebut biaya konversi (conversion cost). Sedangkan yang termasuk dalam

biaya komersial yaitu biaya pemasaran dan biaya administrasi dan umum. Biaya pemasaran merupakan biaya-biaya yang terjadi dengan tujuan untuk memasarkan produk. Biaya pemasaran terjadi sejak produk selesai diproses hingga produk tersebut terjual. Biaya administrasi dan umum merupakan beban yang dikeluarkan dalam rangka mengatur dan mengendalikan organisasi. Dengan demikian total harga pokok produk yang dihitung dengan pendekatan full costing terdiri dari unsur harga pokok produksi (biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya overhead pabrik variabel dan biaya overhead pabrik tetap) ditambah dengan biaya non produksi (biaya pemasaran, biaya administrasi dan umum).

### **2.9.2 Variable costing**

Variable costing merupakan metode penentuan kos produksi yang hanya memperhitungkan biaya produksi yang berperilaku variabel ke dalam kos produksi, yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung dan biaya overhead pabrik variabel. Mulyadi (2009:18) Dengan demikian harga pokok produksi menurut metode variabel costing terdiri dari unsur biaya produksi berikut ini:

- Biaya bahan baku
- Biaya tenaga kerja langsung
- Biaya overhead pabrik variabel
- Harga pokok produksi variabel
- Biaya pemasaran variabel
- Biaya administrasi & umum variabel
- Biaya komersil

- Biaya overhead pabrik tetap
- Biaya pemasaran tetap
- Biaya administrasi & umum tetap

Total harga pokok produk yang dihitung dengan menggunakan pendekatan variabel costing terdiri dari unsur harga pokok produksi variabel (biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung dan biaya overhead pabrik variabel) ditambah dengan biaya non produksi variabel (biaya pemasaran variabel dan biaya administrasi dan umum variabel) dan biaya tetap (biaya overhead pabrik tetap, biaya pemasaran tetap, biaya administrasi dan umum tetap) (Mulyadi,2009:19). Konsep Full costing digunakan untuk memenuhi pelaporan kepada pihak eksternal, hal ini sesuai dengan standar akuntansi keuangan yang berlaku di indonesia. Metode full costing maupun variable costing merupakan metode penentuan harga pokok produksi. Perbedaan metode tersebut adalah terletak pada perlakuan terhadap biaya produksi yang berperilaku tetap. Dalam full costing biaya overhead pabrik baik yang berperilaku tetap maupun variabel dibebankan kepada produk atas dasar biaya overhead pabrik yang sesungguhnya. Sedangkan dalam metode variable costing, biaya overhead pabrik yang dibebankan kepada produk hanya biaya yang berperilaku variabel saja.