

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Preliminary design merupakan tahap awal dari proses perancangan kapal untuk memenuhi syarat dan ketentuan sesuai *Owner requirement* (Hadi & Zain, 2011). Perancangan dilakukan secara berulang-ulang (*spiral design*) untuk optimisasi karakteristik kapal rancangan. Rasio ukuran utama kapal merupakan parameter utama dalam menentukan karakteristik kapal rancangan. Perbandingan ukuran utama (*main dimention*) terdiri dari: rasio panjang dan lebar kapal (L/B) dan rasio lebar dan tinggi sarat (B/T). Rasio tersebut sebagai dasar pertimbangan perencanaan kebutuhan material dan tahanan kapal. (Harvald, 1979).

Perhitungan berat konstruksi merupakan salah satu faktor utama yang memegang peranan penting karena terkait dengan ukuran utama kapal dan perkiraan biaya konstruksi. Pada umumnya metode metode yang dipakai untuk memperkirakan berat konstruksi diambil dari rumus pendekatan dan kurva. Metode pendekatan menurut para ahli yang masih sering dipakai antara lain Murray (1964-1965), Sato (1967), Miller (1968), Schneekluth (1972), Det Norske Veritas (1972), Watson & Gilfillan (1977), Herald Pohls (1982), Kerlen (1985), Harvald & Jensen (1992) dan lain-lain. Dalam perkembangan metode perencanaan kapal, seiring dengan kemajuan teknologi konstruksi, cenderung mengurangi total berat konstruksi sehingga konstruksi menjadi ringan (Sugiarto, 2006).

Tahanan adalah, gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak kapal dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya bentuk lambung kapal, gaya gesek, tahanan udara. Gaya ini terjadi karena adanya interaksi antara lambung kapal dengan fluida. Desain lambung kapal dibuat dengan beberapa variasi untuk mendapatkan kecepatan yang tinggi dan tahanan yang rendah. Memahami hambatan kapal penting karena perlu menentukan daya efektif pada kecepatan desain sehingga menghasilkan tenaga penggerak yang sesuai dengan rancangan (Brian, 2003).

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini dibatasi pada volume kapal 3979 m³. Cb 0.67, rasio L/B 4-6.5 dan B/T 2-3.5.

Adapun rancangan penelitian ini dituangkan kedalam Judul: **OPTIMASI PROPORSI UKURAN UTAMA KAPAL BARANG BERDASARKAN KEBUTUHAN MATERIAL DAN TAHANAN**

1.2 Kapal Barang

Undang – undang nomor 17 tahun 2008 tentang pelayaran, mendefinisikan kapal sebagai kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, ditarik/ditunda, serta bangunan apung lainnya. Berdasarkan fungsinya umumnya jenis kapal terdiri dari: kapal penumpang, kapal perang, dan kapal barang.

Kapal barang merupakan jenis kapal yang membawa barang-barang dan muatan dari satu pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Ada ribuan kapal jenis ini menyusuri lautan dan samudera dunia setiap tahunnya memuat barang-barang perdagangan internasional. Kapal barang umumnya didesain khusus untuk tugasnya, dilengkapi dengan crane dan mekanisme lainnya untuk bongkar muat, serta dibuat dalam beberapa ukuran (Kusumo & dkk., 2017)

Pada umumnya kapal-kapal barang terutama general cargo dapat membawa penumpang kelas sampai 12 penumpang dan tetap dinamakan kapal barang. Kapal barang mempunyai kecepatan berkisar antara 8 sampai dengan 25 knot. Dalam merencanakan atau mendesain kapal bangunan baru, ada beberapa hal yang harus diperhatikan baik dari segi teknis, ekonomis maupun segi arstistiknya (Fikri, Arswendo, & Chrismianto, 2016). Menurut (Mustikawati, 2021) jenis-jenis kapal barang ditinjau dari jenis muatannya dibagi menjadi beberapa yaitu :

- Kapal barang atau *general barang* adalah jenis kapal yang membawa muatan berupa barang. Kapal barang umumnya didesain dengan menggunakan crane dan mekanisme lainnya untuk kebutuhan bongkar muat.
- Kapal penumpang adalah kapal yang digunakan untuk angkutan penumpang. Untuk meningkatkan efisiensi atau melayani keperluan yang lebih luas, kapal penumpang dapat berupa kapal Ro-Ro ataupun untuk perjalanan pendek dinamakan kapal feri.
- Kapal muatan curah atau *bulk carrier* adalah kapal yang dibangun khusus untuk mengangkut muatan curah sekaligus dalam jumlah besar dengan mencurahkan muatan ke dalam kapal. Seperti kapal *Ore Carrier*, kapal tangker, dan sebagainya.

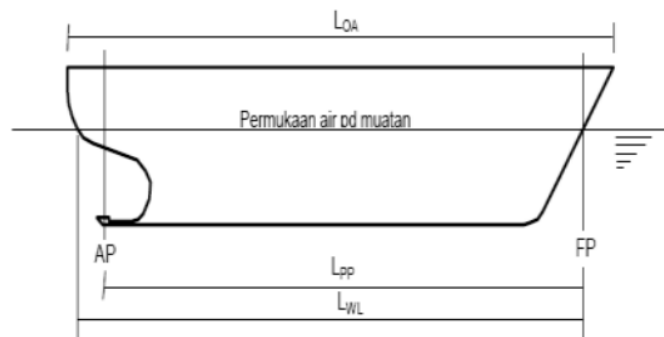
- Kapal khusus adalah kapal yang secara khusus memuat muatan tertentu, dimana bentuk konstruksinya disesuaikan dengan muatannya, seperti kapal tanker, kapal LNG, dan sebagainya.

1.3 Konsep Perancangan Kapal

1.5.1 Ukuran Panjang Kapal

Ukuran Panjang kapal memiliki beberapa istilah untuk sebuah kapal yaitu :

- *LOA (Length Over All)*
- *LWL (Length Of Waterline)*
- *LPP (Length Of Perpendicular)*



Gambar 1 Ukuran Panjang Kapal

Panjang Kapal memiliki pengaruh terhadap kecepatan dan kekuatan memanjang kapal. Penambahan panjang kapal pada keadaan kondisi displacement dan volume tetap akan mengurangi tahanan kapal pada kecepatan tetap serta mengurangi stabilitas akan tetapi menambah longitudinal bending stress.

1.5.2 Ukuran Lebar Kapal

Ada beberapa istilah untuk lebar kapal, yaitu :

- *B (Berath)*

Studi yang dilakukan oleh (Barras, 2004) untuk kapal barang, telah mengikuti model kapal modern dengan desain secara praktis, paramater untuk lebar (B) dengan panjang kapal (L) 185 m adalah sebagai berikut :

$$B = (L/10) + (x) \quad x = (5 \text{ sampai } 7.5) \quad \text{kapal barang umum}$$

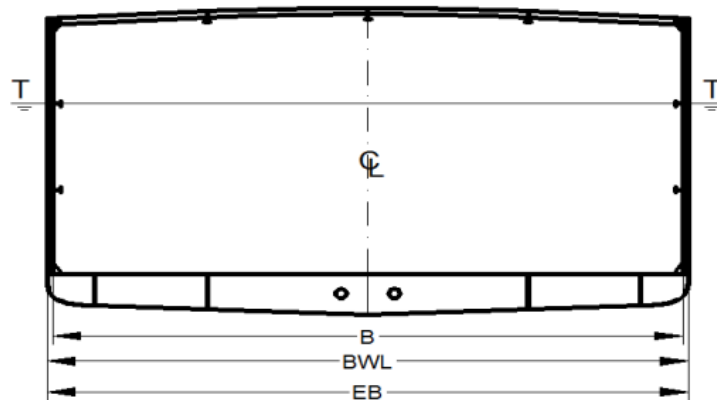
$B = (L/10) + (x)$	$x = (7.5 \text{ sampai } 10)$	kapal kontainer
$B = (L/10) + 12.5$		kapal <i>supertanker</i>
$L/B = 6-6.25$		kapal supertanker (1975-1990)
$L/B = 5-7.5$		kapal supertanker (1990-2004)

➤ **BWL (*Breadth At The Water Line*)**

BWL adalah lebar kapal yang diukur dari garis muat pada sisi luar gading tanpa kulit (*Moulded*)

➤ **EB (*Extrim Berath*)**

EB (*Extrim Breath*) lebar kapal yang diukur dari sisi terluar kapal dari kapal.



Gambar 2 Ukuran Panjang Kapal

1.5.3 Ukuran Tegak Kapal

Ada beberapa istilah untuk ukuran tegak kapal, yaitu :

- **D/H (*Depth*)**
- **T (*Draught / Sarat*)**

1.5.4 Parameter Rasio Kapal

Beberapa perbandingan ukuran utama kapal yang harus diperhatikan dalam perancangan sebuah kapal :

- Perbandingan L/H
- Perbandingan T/B
- Perbandingan B/H
- Perbandingan T/H

1.5.5 Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien-koefisien bentuk pada kapal sangat menentukan kemampuan angkut kapal, kecepatan kapal dan olah geraknya dalam pelayaran kapal tersebut. Koefisien-koefisien bentuk kapal ada 4, yaitu :

- a. *Coefficient Block (Cb)*
- b. *Coefficient Midship (CM)*
- c. *Coefficient Prismatic (CP)*
- d. *Coefficient Waterline (CW)*

1.5.6 Displacement

Displacement atau berat total kapal dapat ditentukan dengan berbagai pendekatan. Rumus pasti yang selalu digunakan menurut teori *Naval Architect* adalah $\Delta = L.B.T.Cb.\rho$, Dimana ρ adalah berat jenis air laut sebesar 1.025.

1.4 Rencana Garis

Rencana Garis (*Lines Plan*) adalah gambar desain kapal yang berisi informasi utama kapal seperti panjang, lebar, dan tinggi. Desain ini berupa Garis irisan-irisan kapal ditinjau dari beberapa arah yaitu tampak depan, samping dan atas kapal (Kusumo & dkk., 2017). Lines plan merupakan langkah selanjutnya dalam merancang suatu kapal dengan berdasar data kapal yang diperoleh. Tujuan pembuatan lines plan atau rencana garis adalah untuk mengetahui bentuk badan kapal terutama terutama yang berada di bawah garis air.

Rencana garis merupakan suatu gambar desain kapal yang sangat penting, dimana dari gambar-gambar desain lainnya seperti rencana umum, konstruksi profil, konstruksi melintang, stabilitas kapal, dan gambar-gambar lainnya. Pentingnya mendesain bentuk lambung kapal adalah untuk mengetahui besar hambatan yang sangat bergantung pada bentuk lambung kapal (Chandra, Hadi, & Zaki, 2017).

Menurut (Chandra, Hadi, & Zaki, 2017) penggambaran rencana garis (Lines Plan Kapal) dibuat dalam dua dimensi sehingga untuk memperhatikan semua bentuk dari badan kapal secara tiga dimensi, bentuk penggambarannya dibagi atas tiga bagian, yaitu :

1. Half Breadth Plan Kapal

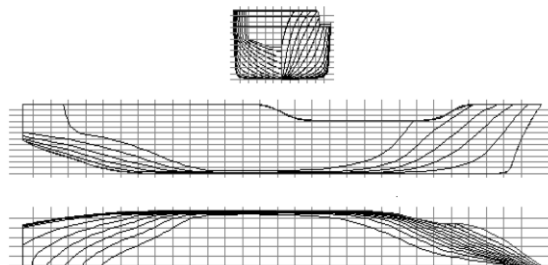
Half Breadth Plan atau rencana dari setengah lebar bagian yang ditinjau dari kapal, ini diperoleh jika kapal dipotong kearah mendatar sepanjang badan kapal, dan gambar ini akan memperlihatkan bentuk garis air untuk setiap kenaikan dari dasar sampai ke sarat.

2. Sheer Plan Kapal

Sheer plan merupakan penampakan bentuk kapal jika kapal dipotong ke arah tegak sepanjang badan kapal. Pada kurva ini diperhatikan bentuk haluan dan buritan kapal, kenaikan deck dan pagar, garis tegak yang memotong kapal dapat diketahui apakah garis air yang direncanakan sudah cukup baik atau tidak.

3. Body Plan

Body plan merupakan bagian dari rencana garis yang memperlihatkan bentuk kapal jika dipotong secara melintang. Dari gambar terlihat kelengkungan garis (station). Kurva ini digambar satu sisi yang biasanya sisi kiri dari kapal tersebut. Bagian belakang dari midship digambar di sisi kiri dan bagian midship ke depan digambar di sebelah kanan.



Gambar 3 Lines plan kapal barang

Gambar ini merupakan penampakan dari potongan-potongan kapal yang terdiri dari tiga potongan, yaitu :

- Potongan melintang kapal secara vertikal yang disebut *section*. Misalkan suatu kapal dipotong secara melintang dengan arah ke bawah atau vertikal. Pada pemotongan ini akan tampak dua dimensi tinggi (H) dan dimensi lebar (B).
- Potongan memanjang kapal secara horizontal yang disebut *waterline*. Misalkan suatu kapal dipotong secara memanjang dengan arah mendatar atau horizontal. Pada potongan ini terlihat dua dimensi panjang (L) dan dimensi lebar (B).
- Potongan memanjang kapal secara horizontal yang disebut *waterline*. Misalkan suatu kapal dipotong secara memanjang dengan arah mendatar atau horizontal.

Pada potongan ini terlihat dua dimensi, yaitu dimensi panjang (L) dan dimensi lebar (B)

- Potongan memanjang kapal secara vertikal yang disebut buttock line. Misalkan suatu kapal dipotong secara memanjang dengan arah ke bawah atau vertikal. Pada pemotongan ini terlihat dua dimensi, yaitu dimensi panjang (L) dan dimensi tinggi (H)

4. Data Hidrostatik Kapal

Data Hidrostatik berfungsi untuk mengetahui sifat-sifat badan kapal di dalam air. Kondisi kapal tidak akan dalam kondisi trim. (Kusumo & dkk., 2017)

1.5 Berat Konstruksi Kapal

Berat konstruksi dianggap sebagai bahan konstruksi kapal yang di produksi termasuk pelat dan pipa dibuat sedemikian rupa pada sebuah kapal. Baja ini kemudian dimodifikasi membentuk lambung terdiri dari :

1. Konstruksi penampang tengah kapal
2. Penutup palka
3. Rudder shell
4. Tiang-tiang dll.

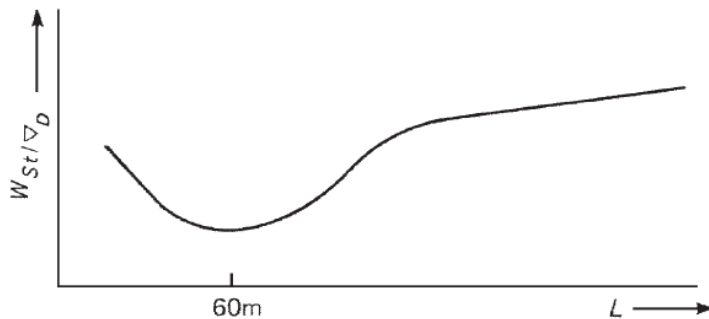
Sebagian besar berat lambung kapal berasal dari berat baja. Untuk itu diterapkan sebuah metode perhitungan bobot yang lebih presisi agar lebih baik dalam menentukan berat konstruksi kapal. Tata cara menghitung Berat konstruksi didasarkan pada Berat konstruksi kapal dihitung melalui konstruksi gambar yang dibuat khusus untuk prosedur tersebut. Kedua kasus tersebut memerlukan interpolasi dan ekstrapolasi parameter nilai awal. Prosedur yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Total keseluruhan baja
2. Hanya lambung atau baja yang digunakan pada bangunan atas dan rumah geladak.
3. Pengelompokan berat badan kapal secara khusus (kulit terluar, geladak, double bottom) yang mana Berat konstruksi dibentuk sesuai dengan fungsinya.

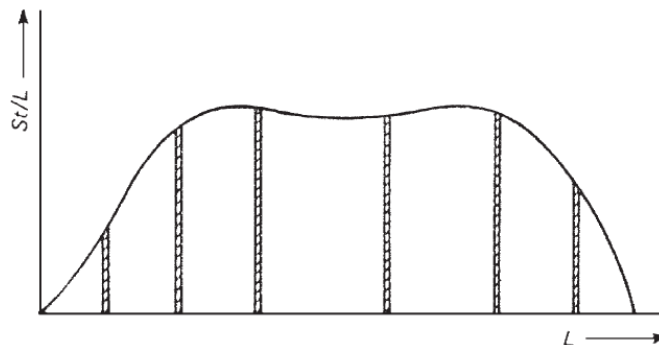
Metode empiris yang dikembangkan hanya jenis kapal konvensional dan tidak berlaku untuk kapal non-konvensional. Data kapal yang dibutuhkan dalam metode ini adalah dimensi utama kapal, jumlah geladak dan jenis konstruksi yang digunakan.

Pendekatan ini diterbitkan oleh Strohbusch tahun 1928 dimana metode ini memiliki prosedur diantaranya sebagai berikut :

1. Perhitungan Berat konstruksi lambung per luas penampang atau penampang kapal per meter yang menonjol.
2. Merencanakan berat persatuan panjang pada panjang kapal.
3. Penentuan luas daerah dibawah kurva berat.
4. Penambahan bobot sehingga ditentukan bobot tersendiri yang tidak termasuk dalam berat persatuan panjang.



Gambar 4 Berat spesifik baja dengan panjang kapal



Gambar 5 Distribusi Berat konstruksi lambung sepanjang kapal (untuk kapal memiliki sheer)

Prosedur perhitungan Berat konstruksi seringkali didasarkan pada rumus sebagai berikut :

$$W_{St} = L^a \cdot B^b \cdot D^c \cdot C_B^d \cdot e$$

Dimana nilai a dan e merupakan nilai konstanta. Beberapa prosedur menghilangkan nilai C_B namun akhirnya nilai-nilai konstanta tersebut berkaitan dengan nilai C_B untuk jenis kapal konvensional. beberapa prosedur hanya bersifat

implisit dinyatakan dalam dimensi ukuran utama kapal. Meskipun sebagian besar metode tidak memberikan rincian konstruksi misalnya jumlah dek, prosedur tersebut cukup tepat. Cartens (1967) dari hasil kajiannya menemukan pendekatan yang lebih rinci mencakup rincian jumlah dek dalam menghitung berat konstruksi kapal.

Didalam buku *Ship Design for Efficiency and Economy* beberapa metode empiris dikemukakan oleh para ahli jenis kapal konvensional tipe kapal barang adalah sebagai berikut :

Kerlen (1985)

$$W_{St} = 0.0832 \cdot X \cdot e^{-5.73X \cdot 10^{-7}} \text{ with } X = \frac{1}{12} L_{pp}^2 \cdot B \cdot \sqrt[3]{C_B}$$

Watson and Gilfillan (1977) :

$$W_{St} = C_B^{2/3} \cdot \frac{1}{6} L \cdot B \cdot D^{0.72} \cdot [0.002(L/D)^2 + 1]$$

Hasil penelitian yang dikembangkan oleh (Schneekluth & Bertram, 1998) di dalam bukunya (*Ship Design for Efficiency and Economy*) bahwa berat konstruksi lambung pertama kali ditentukan adalah bagian konstruksi yang kemudian menjadi dasar untuk memplot kurva berat persatuan panjang. Kelebihan metode ini adalah :

1. Memberikan variasi yang lebih luas, bahkan untuk rasio kapal barang yang tidak biasa terhadap dimensi utama.
2. Jenis konstruksi sistem rangka memanjang diperhitungkan.
3. Efisien dan mudah diprogram.
4. Pengaruh CB dipertimbangkan

Rumus ini juga berguna untuk keperluan desain lainnya, sejak bagian bawah dek memiliki volume tahap yang paling penting pada awal desain. Berat konstruksi lambung dihitung sebagai volume dibawah dek dengan rumus V_u dengan satuan (t/m^3) dan berbagai faktor korektif :

$$\begin{aligned}
W_{StR} = \nabla_U \cdot C_1 & \\
& \cdot \left[1 + 0.033 \left(\frac{L}{D} - 12 \right) \right] \\
& \cdot \left[1 + 0.06 \left(n - \frac{D}{4m} \right) \right] \\
& \cdot \left[1 + 0.05 \left(1.85 - \frac{B}{D} \right) \right] \\
& \cdot \left[1 + 0.2 \left(\frac{T}{D} - 0.85 \right) \right] \\
& \cdot \left[0.92 + (1 - C_{BD})^2 \right] \\
& \cdot [1 + 0.75 C_{BD} (C_M - 0.98)]
\end{aligned}$$

Dimana pengaplikasian formula tersebut untuk kapal barang $L/D \geq 9$

Untuk kapal barang normal ($L=60-180$ m) : $C_1 = 0.103 [1 + 17 \cdot (L/1000 - 0.11)^2]$

For passenger ships ($L = 80-150$ m) : $C_1 = 0.113 - 0.121$

For reefers ($L = 100-150$ m) : $C_1 = 0.102 - 0.116$

Rumus diatas berlaku untuk lambung kapal sampai dengan geladak kapal atau *main deck*. Di sisi lain sebuah kapal terdapat sebuah bangunan atas yang disebut dengan *superstructure* (rumah geladak) terletak di bagian atas dan memiliki perhitungan tersendiri.

Untuk berat konstruksi sekat lambung kapal ditambahkan dengan 2.5% dari berat lambung kapal. Untuk berat konstruksi *side girder* dihitung berdasarkan formula sebagai berikut :

$$\nabla_{db} = L \cdot B \cdot h_{db} \cdot C_B - 0.4 \left(1 - \frac{h_{db}}{T} \right)^2 \sqrt{1 - C_B}$$

Pada konstruksi *stiffener* digunakan untuk perencanaan yang matang. Berat *stiffener* dihitung berdasarkan formula sebagai berikut :

$$W_{StF} = \frac{27P_B}{(n + 250) \cdot (15 + P_B/1000)}$$

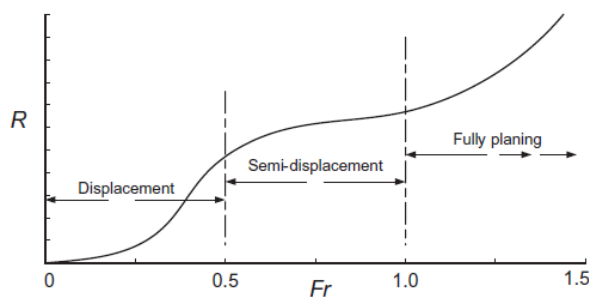
1.6 Tahanan Kapal

Tahanan (*Resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu

gaya dan karena dihasilkan oleh air, sehingga biasa juga disebut dengan gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh air bergerak relatif terhadap aor. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan kapal (V_s), besar *displacement* dipindahkan oleh badan kapal dibawah garis air dan bentuk lambung kapal. (Zip18)

Peran hidrodinamik lambung kapal pada rentang kecepatan total dapat dikategorikan menjadi tiga kategori besar yaitu kapal displacement, semi-displacement dan perencanaan. Mengingat peran hidrodinamik, *displacement* dipengaruhi oleh gaya apung terutama pada kapal displacement didukung oleh gaya apung. Semi-displacement dipengaruhi oleh gaya apung dinamis sementara dan pada saat peluncuran lambung seluruhnya ditopang oleh gaya apung dinamis.

Bentuk lambung dibawah garis air dirancang sedemikian rupa sehingga menampung volume tertentu dibawah air dan dimensi utama yang dipilih berdasarkan rasio. Secara teori ukuran utama kapal tanpa batasan dimensi terdapat jumlah kombinasi yang tak terhingga untuk menghitung tahanan kapal. Dimana ukuran utama kapal yang berpengaruh dalam tahanan adalah L , B , T dan CB yang memenuhi persamaan. Namun disini lain ukuran utama di batasi dikarenakan beberapa faktor diantaranya adalah panjang pelabuhan, tempat kapal akan docking, dermaga dan kedalaman operasional pelabuhan. Dari batasan yang dimaksud menjadikan sebuah kapal didesign efisien dari segi tahanan, bahan bakar dan operasional kapal.



Gambar 6 Rentang Kecepatan Untuk Perencanaan Kapal Displacement,

Dalam praktiknya, kombinasi ukuran kapal yang terdiri dari panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T) dan koefisien balok (CB) umumnya didesain untuk memenuhi persyaratan terbaik pada jenis kapal. Perlu diperhatikan bahwa pilihan

dimensi yang optimal akan berkaitan dengan satu hal, misalnya desain, kecepatan dan bentuk lambung kapal yang optimal.

Panjang kapal dengan Froude Number (F_n) ≥ 0.15 dengan pengurangan tahanan sisa mengakibatkan λ bertambah yaitu permukaan yang dibasahi sedangkan pada tahanan gesek mengalami penurunan terhadap tahanan total. Untuk menghindari angka Froude number yang tidak menguntungkan dimana bentuk haluan dan buritan dibuat tidak efisien maka mengakibatkan peningkatan tahanan gelombang (RW). (Paponikalou, 2014). Efek dari gaya gravitasi pada suatu aliran ditunjukkan dalam perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi. Perbandingan tersebut dinyatakan dalam bilangan *Froude Number* menunjukkan bentuk aliran terhadap kapal (Samuel, 2011). Adapun bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Dimana :

F_n : Bilangan Froude Number
 G : Gravitasi
 L : panjang karakteristik (m)

Berdasarkan angka Froude number untuk kondisi aliran digolongkan menjadi :

- Aliran sub kritis : Terjadi pada bilangan $F < 1$
- Aliran kritis : Terjadi pada bilangan $F = 1$
- Aliran super kritis : Terjadi pada bilangan $F > 1$

(Paponikalou, 2014) dari hasil penelitiannya untuk kapal berdasarkan hasil Froude number diperoleh untuk tipe kapal yang berlayar di daerah tropis dengan suhu 15°C.

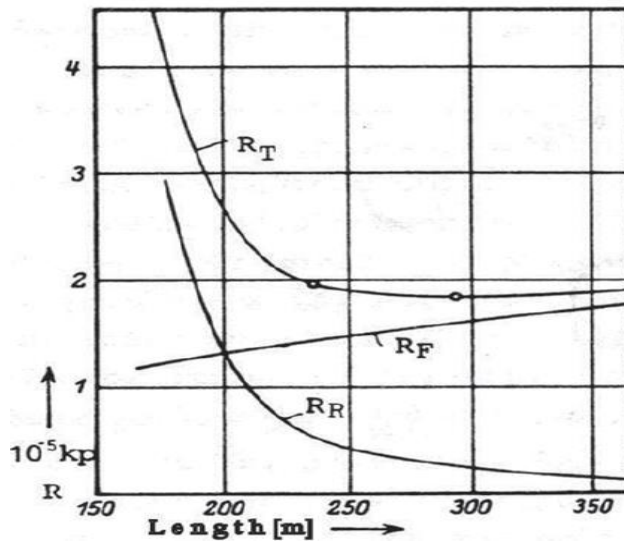
Tabel 1 Persentase tahanan gesek terhadap tahanan total berdasarkan F_n dan panjang kapal (Paponikalou, 2014)

F_n	$(R_F/R_T) (\%)$	$C_w = f(F_n)$	L^*/λ_w	$L^*/(0.5\lambda_w)$	Ship type
0.15	80	Crest	5.0	10	Large size tanker (VLCC)
0.19	70	Trough	4.5	9	Medium size tanker
0.23	60	Crest	3	6	Medium speed cargo ship
0.25	60	Trough	2.5	5	Fast cargo ship
0.29–0.31	50	Crest	2	4	Fishing ship
0.33–0.36	40	Trough	1.5	3	Fast cargo ship/Reefer
0.40		Crest	1	2	
0.50	30–35	Crest	0.64	1.28	Naval ship/cruiser
0.563		Trough	0.5	1	

1.6.1 Pengaruh Panjang Kapal Terhadap Tahanan Kapal

Menurut (Paponikalou, 2014), didalam bukunya menjelaskan bahwa untuk mencari hasil yang optimal panjang kapal berhubungan dalam dengan ekonomi dalam pembangunan kapal yang perlu diperhatikan adalah biaya konstruksi pembangunan minimum sebagai contoh optimasi terhadap minimum biaya konstruksi dan sebagai alternatif untuk pengembalian investasi maksimum diberikan. Untuk volume dan *displacement* yang tetap, pertambahan panjang kapal pada umumnya mengarah pada berat strukur kapal dan berkurangnya tenaga penggerak untuk mencapai kecepatan yang dibutuhkan.

Estimasi biaya pembuatan kapal dalam pendekatan sederhana selain optimasi dan matematis parametris dan identifikasi optimal, solusi paling ekonomis dapat dicapai dengan variasi matematis panjang kapal pada panjang awal. Berikut ini dihasilkan perbandingan kapal sejenis, menggunakan diagram empiris.



Gambar 7 Pengaruh panjang terhadap tahanan kapal dengan displacement 30.000 dan kecepatan kapal $V=29$ knot (Paponikalou, 2014)

1.6.2 Pengaruh Lebar Kapal Terhadap Tahanan Kapal

Pada umumnya sebuah kapal dibangun agar memiliki lambung yang lebar dengan rasio B/T yang besar. Namun mampu menyebabkan tahanan lebih tinggi terutama pada tahanan gelombang sehingga memerlukan daya propulsi. Sehingga kapal menyebabkan konsumsi bahan bakar yang berlebihan dikarenakan kapal memerlukan tenaga yang lebih besar. Hal ini bisa saja tidak benar apabila parameter rasio ukuran utama kapal tidak diperhitungkan secara paralel. (Paponikalou, 2014)

Seringkali terjadi perkiraan yang negatif terhadap rasio L/B pada kapal. Jika sejajar dengan pertambahan lebar kapal maka bentuk lambung juga akan mengalami perubahan. Rancangan kapal dapat desain secara konstan meskipun rasio L/B berkurang dan bertambah. Dari buku (Paponikalou, 2014) dijelaskan bahwa untuk kapal barang hambatannya telah dihitung menurut metode semi empiris yang dilakukan oleh Taylor dan Gertler. Berikut adalah tabel variasi ukuran lebar kapal dan koefisien prismatik dengan panjang kapal tetap sebagai berikut :

Tabel 2 variasi ukuran lebar kapal dengan panjang kapal tetap (Paponikalou, 2014)

L/B	6.5	7.0	7.5
B/T	3.2	3.0	2.8
C_p	0.56	0.60	0.65
$\frac{(R_T)_1}{(R_T)_0}$	0.80	1.00	1.32

Berikut adalah tabel variasi ukuran panjang kapal dan koefisien prismatic (C_p) dengan lebar kapal tetap sebagai berikut :

Tabel 3 variasi ukuran panjang kapal dan koefisien prismatic (C_p) dengan lebar kapal tetap (Paponikalou, 2014)

L	124	132	140
L/B	6.6	7.0	7.4
$L/\nabla^{1/3}$	5.9	6.3	6.7
C_p	0.64	0.60	0.57
$\frac{(R_T)_1}{(R_T)_0}$	1.42	1.00	0.79

Berikut adalah tabel variasi ukuran panjang kapal dan lebar kapal koefisien prismatic (C_p) tetap sebagai berikut :

Tabel 4 variasi ukuran panjang kapal dan lebar kapal koefisien prismatic (C_p) tetap (Paponikalou, 2014)

L	124	132	140
B	20.1	18.9	17.8
L/B	6.2	7.0	7.85
B/T	3.2	3.0	2.8
$\frac{(R_T)_1}{(R_T)_0}$	1.18	1.00	0.93

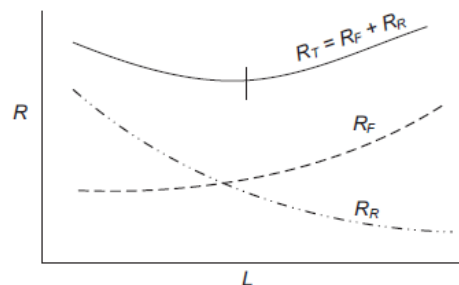
Dari ketiga tabel diatas Taylor dan Gertler menyimpulkan bahwa :

- Pertambahan panjang selalu berpengaruh positif terhadap hambatan (pengurangan tahanan).
- Pengurangan C_p mengalami pengurangan tahanan.
- Untuk panjang kapal tertentu, pengurangan lebar kapal dengan mengurangi C_p dapat mengurangi tahanan kapal.

1.6.3 Pengaruh Rasio Panjang dan Lebar

Rasio antara panjang dan lebar berpengaruh terhadap tahanan kapal dan juga berkaitan dengan displacement kapal. Dengan peningkatan rasio antartara panjang dengan displacement ($L/\nabla^{1/3}$) dan parameter lainnya tetap maka rasio L/B meningkat. Pengaruh penambahan panjang kapal menyebabkan penurunan tahanan residu dan

L/B besar akan menguntungkan terhadap kapal lebih cepat. Di sisi lain, sebagian besar kapal komersial panjang adalah dimensi yang paling mahal dalam hal biaya dan konstruksi. Oleh karena itu, peningkatan L/B akan menyebabkan penurunan tahanan secara tahanan spesifik, biaya listrik dan bahan bakar.



Gambar 8 Panjang Optimum Terhadap Tahanan

Jumlah biaya modal dan bahan bakar mengarah pada panjang kapal optimum berpengaruh terhadap biaya konstruksi yang ekonomis. Seperti yang dijelaskan pada gambar 1.14 bahwa jika kapal yang lebih panjang biasanya akan memberikan kinerja pelayaran yang lebih baik dari segi tahanan. Kisaran L/B biasanya 6-7 untuk kapal barang, 5.5-6.5 untuk kapal tankerdan kapal curah, 6-8 untuk kapal penumpang dan 5-7 untuk kapal semi displacement.

1.6.4 Pengaruh Rasio Lebar dan Sarat

Hambatan gelombang akan meningkat seiring pertambahan rasio antara lebar dan sarat mengakibatkan air semakin dekat dari permukaan (geladak). Hasil uji stnadar dari British Ship Research Seri Association (BSRA) menunjukkan peningkatan tahanan dipengaruhi oleh B/T. Hal ini bertentangan dengan kebutuhan untuk meningkatkan stabilitas secara transversal dengan meningkatnya lebar sarat dan rasio B/T. Pengaruh B/T juga jelas diilustrasikan oleh Taylor menggunakan ringkasan data Taylor – Gertler dengan rata-rata B/T yang umum untuk kapal barang adalah sekitar 2.5. Berikut adalah tabel ringkasan dari data Taylor – Gertler :

Tabel 5 Data Tahanan Dengan Rasio B/T

Taylor-Gertler series data: $C_R \times 1000$							$C_F = 0.50$											
$L/\nabla^{1/3}$	5.5			6.0			7.0			8.0			9.0			10.0		
B/T	2.25	3.00	3.75	2.25	3.00	3.75	2.25	3.00	3.75	2.25	3.00	3.75	2.25	3.00	3.75	2.25	3.00	3.75
Pr																		
0.16	0.45	0.54	0.65	0.38	0.46	0.55	0.30	0.33	0.44	0.24	0.28	0.37	0.22	0.26	0.34	0.20	0.25	0.33
0.18	0.48	0.55	0.67	0.39	0.47	0.57	0.30	0.34	0.45	0.26	0.28	0.38	0.22	0.27	0.34	0.20	0.25	0.33
0.20	0.50	0.60	0.71	0.41	0.48	0.59	0.31	0.35	0.47	0.28	0.29	0.39	0.23	0.27	0.37	0.20	0.25	0.33
0.22	0.55	0.73	0.84	0.47	0.58	0.72	0.35	0.42	0.52	0.29	0.36	0.43	0.24	0.30	0.40	0.20	0.27	0.37
0.24	0.68	0.97	1.12	0.58	0.79	0.90	0.43	0.62	0.65	0.30	0.51	0.52	0.25	0.40	0.48	0.20	0.33	0.43
0.26	0.83	1.11	1.32	0.67	0.91	1.05	0.49	0.72	0.75	0.37	0.59	0.60	0.27	0.48	0.52	0.20	0.39	0.48
0.28	0.88	1.11	1.40	0.70	0.92	1.11	0.52	0.75	0.80	0.39	0.58	0.60	0.28	0.47	0.51	0.20	0.38	0.46
0.30	—	1.40	1.63	0.85	1.16	1.32	0.59	0.81	0.87	0.41	0.60	0.61	0.32	0.50	0.55	0.22	0.44	0.46
0.32	—	2.20	2.55	1.42	1.71	1.91	0.98	1.15	1.18	0.68	0.85	0.83	0.51	0.70	0.70	0.40	0.60	0.59
0.34	—	—	—	2.71	3.10	3.20	1.78	1.90	1.96	1.20	1.30	1.30	0.95	1.05	1.06	0.68	0.86	0.81
0.36	—	—	—	—	4.91	5.00	2.96	3.00	3.00	1.97	1.97	2.00	1.45	1.50	1.51	1.00	1.16	1.14
0.38	—	—	—	—	—	—	4.32	4.32	4.58	2.83	2.82	3.00	2.03	2.05	2.10	1.40	1.50	1.51
0.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.71	3.80	3.95	2.58	2.63	2.64	1.75	1.82	1.90
0.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.40	4.50	4.65	2.93	3.08	3.10	1.98	2.10	2.20
0.44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.83	5.02	5.17	3.20	3.40	3.45	2.10	2.26	2.40
0.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.05	—	—	3.32	3.58	3.63	2.18	2.34	2.52
0.48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.16	—	—	3.38	3.59	3.71	2.20	2.36	2.60
0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.15	—	—	3.38	3.60	3.72	2.19	2.35	2.61
0.52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.08	—	—	3.35	3.59	3.71	2.15	2.30	2.60
0.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.93	—	—	3.28	3.50	3.65	2.10	2.25	2.58
0.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.72	—	—	3.17	3.41	3.51	2.05	2.18	2.51
0.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.45	—	—	3.00	3.30	3.41	1.99	2.15	2.47

1.6.5 Tahanan Gesek

Tahanan Gesek (friction resistance) timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilalulinya. Semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (flow pattern).

Tahanan gesek biasanya komponen tahanan yang paling signifikan dari total tahanan kapal. Untuk kapal yang relatif lambat dengan koefisien blok yang tinggi, kontribusinya sekitar 85% dari tahanan total, sedangkan untuk lambung kapal dengan displacement yang efisien mampu memberikan kecepatan kapal yang tinggi dan tahanan bisa turun menjadi 50%.

$$RF = \frac{1}{2} C_F \rho S V^2$$

$$C_F : 0.075/(\log_{10} R_n - 2)^2$$

$$R_n : V \cdot L / \nu, (\nu : (= 1.19 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)}) \text{ at } 15^\circ \text{C}),$$

$$L : L_{WL}$$

$$S : (3.4 \cdot \nabla^{1/3} + 0.5 L_{WL}) \cdot \nabla^{1/3}$$

1.6.6 Tahanan Gelombang

Tahanan gelombang adalah hambatan gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

$$R_W = \frac{1}{2} C_W \rho S V^2$$

1.6.7 Tahanan Sisa

Tahanan sisa merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal adalah sebagai berikut :

$$R_R = R_W + R_{p_v}$$

1.6.8 Tahanan Tekanan

Tahanan tekanan adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegralkan tegangan normal keseluruhan permukaan kapal menurut arah gerakan kapal.

$$R_{p_v} = \frac{1}{2} C_{p_v} \rho S V^2$$

1.6.9 Tahanan Tambahan

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Selain tahanan gesek dan gelombang, beberapa hal telah disebutkan sebelumnya bahwa ada beberapa tahanan tambahan yang mempengaruhi tahanan seperti tahanan aliran air, tekanan viskositas, separation resistance dan pemecah gelombang. Komponen Tahanan tambahan terdiri dari:

- Tahanan anggota badan (Appendages Resistance) Tahanan anggota badan adalah tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya

- Tahanan kekasaran adalah terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut

1. Tahanan Udara

Sebuah kapal berlayar di laut dengan udara tenang dan air tenang hal ini dapat diabaikan. Hal ini dapat diperhatikan apabila angin terlihat kencang meskipun kecepatan angin dan arahnya tidak konstan yang mampu menciptakan badai. Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas (Superstructure) karena gerakan kapal di udara. Tahanan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka tahanan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

2. Tahanan Tambahan Gelombang

Gelombang jarang ditemui di laut tanpa adanya gaya yang dihasilkan oleh angin dan juga terkadang dari badai yang tidak dapat diprediksi. Gelombang disebabkan oleh angin pada saat kapal berlayar di tengah laut sehingga mampu menghasilkan gelombang dan berdampak sangat besar terhadap tahanan kapal. Sebagian efek difraksi lambung kapal bergerak terhadap gelombang dan sebagian lagi dipengaruhi secara tidak langsung dari gerakan naik turun. Maka dari itu diperlukan tindakan dengan manuver yang ketat sehingga dapat mengurangi tahanan besar.

3. Efek Trim

Trim kapal adalah sudut kemiringan secara membujur, yang diukur dari perbedaan antara sarat haluan dan sarat buritan. Karena adanya perubahan distribusi tekanan sekitar kapal dengan kecepatan berbeda maka kapal akan mengalami kenaikan di haluan atau buritan. Pada kecepatan rendah umumnya kapal mengalami trim di haluan dibandingkan dengan kondisi diam. Dengan bertambahnya kecepatan maka pergerakan di haluan dengan $f_n = 0.30$ mengakibatkan sarat di haluan akan naik secara signifikan dan buritan akan tenggelam.

Pada kapal dagang rata-rata bentuk lambung ditambahkan tri di bagian buritan dalam kondisi diam biasanya meningkatkan tahanan pada kecepatan rendah dan tahanan naik pada kecepatan tinggi. Pada kecepatan rendah, kenaikan sarat buritan

hampir penuh dengan konsekuensi meningkatnya tahanan pemisah. Pada kecepatan tinggi lambung kapal mampu mengurangi efek gelombang yang dihasilkan.

4. Efek Air Dangkal

Hambatan suatu kapal cukup sensitif terhadap perairan dangkal. Biasanya ada perubahan besar dalam aliran potensial disekitar lambung kapal. Perlu dipertimbangkan jika kapal dalam keadaan diam di arus yang mengalir dengan kedalaman yang terbatas maka kecepatan kapal harus dipercepat dengan konsekuensi tekanan akan berkurang. Kondisi tersebut mengakibatkan kapal akan mengalami trim pada bagian buritan. Jika tahanan tambahan pada air mengalir seperti pada kanal atau sungai efek yang ditimbulkan semakin besar dengan kecepatan yang ditentukan tanpa menyentuh dasar. Ketika perairan sangat dalam, pola gelombang pola gelombang terdiri dari gelombang *transversal* dan gelombang *divergin*.

5. Gelombang di Bawah Permukaan

Fenomena gelombang lain yang menggambarkan beberapa ciri tahanan tekanan akibat gelombang kuat daripada gelombang yang dihasilkan, hal ini biasa disebut dengan air mati. Memang benar dalam keadaan ini gelombang internal dibawah permukaan air mempunyai ketinggian secara vertikal atau amplitudonya jauh lebih besar dibandingkan dengan gelombang permukaan. Peningkatan tahanan akibat gelombang dapat menjadi dua atau tiga kali lipat gelombang membuat tahanan didalam air menjadi homogen. Perlu juga diketahui pergerakan gelombang dibawah permukaan adalah sebagai berikut :

1. Pergerakan gelombang pada lambung tidak harus disertai dengan pembentukan gelombang pada permukaan bebas.
2. Pergerakan gelombang yang dihasilkan oleh kapal dapat diatur pada bagian lambung kapal diberikan lapisan cat floating pada lambung diatas garis air.

1.7 Tahanan Kapal Metode Holtrop

Metode holtrop adalah suatu metode empiris untuk memprediksi tahanan kapal yang dikembangkan oleh J. Holtrop pada tahun 1977. Metode ini menggunakan persamaan matematika untuk menghitung tahanan berdasarkan parameter kapal dan kondisi operasional. Pada dasarnya perhitungan ini didasari

oleh hukum Bernoulli, teori gelombang, mekanika fluida dan dinamika kapal. Dibawah ini menunjukkan persamaan metode holtrop :

$$R_{total} = R_f + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

R_f = Tahanan gesek (Viskos)
 R_{APP} = Tahanan residu ditambah tekanan
 R_W = Tahanan gelombang
 R_B = Tahanan tambahan terhadap bulbous bow
 R_{TR} = Tahanan tekanan terhadap transom
 R_A = Korelasi tahanan terhadap bentuk kapal

1.7.1 Tahanan Gesek

Tahanan gesek merupakan gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal akibat gesekan air terhadap lambung kapal. Tahanan gesek dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Kecepatan kapal (V)
2. Panjang kapal (L)
3. Lebar kapal (B)
4. Sarat kapal (T)
5. Massa jenis air (ρ)
6. Viskositas air laut (ν)

Berikut adalah rumus dari tahanan gesek metode holtrop :

$$R_f = 0,5 * \rho * V^2 * S * C_f$$

R_f : tahanan gesek (N)

ρ : massa jenis air (kg/m^3)

V : kecepatan kapal (m/s)

S : luas permukaan kapal yang terkena air (m^2)

C_f : koefisien gesek (tidak berdimensi)

$$S = L(2T + B) (C_m^{A0.5})(0.453 + 0.4425 C_B + - 0.2862 C_M - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{WP}) + 2.38A_{BT}/C_B$$

1.7.2 Tahanan Residu

Tahanan residu dalam metode holtrop merupakan komponen tahanan yang diakibatkan oleh pengaruh propeller kapal, kemudi dll. Tahann residu juga dipengaruhi oleh tahanan tekanan (*pressure resistance*) yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan pada permukaan kapal, tahanan *eddy*, dan tahanan kavitasi.

$$R_{APP} = 0,5 * \rho * V^2 * S * (1+k_2)_{eq} * C_F$$

R_{APP} : Tahanan Residu Appendage Plus Pressure (N)

ρ : Massa jenis air (kg/m^3)

- V : Kecepatan kapal (m/s)
- S : Luas permukaan basah (m²)
- C_F : Koefisien gesek

1.7.3 Tahanan Gelombang

Tahanan gelombang adalah gaya yang bekerja terhadap gerakan kapal akibat pembentukan gelombang air pada permukaan kapal.

$$R_W = c_1 c_2 c_5 V \rho g$$

$$C_1 = 223105 c_7^{3.78613} (T/B)^{1.07961} (90-i_E)^{1.35765}$$

$$C_7 = 0.229577 (B/L)^{0.33333} \quad (\text{apabila } B/L < 0.11)$$

$$C_7 = B/L$$

$$C_7 = 0.5 - 0.0625 L/B$$

$$C_2 = \exp(-1.89(C_3^{0.5}))$$

$$C_2 = 1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$$

$$i_E = 1 + 89 \exp\{-(L/B)^{0.80856} (1 - C_{WP})^{0.30484} (1 - CP - 0.0225 L_{CB})^{0.6367} (L_R/B)^{0.34574} (100 / (V/L^3)^{0.163302})\}$$

1.7.4 Tahanan Tekanan

Tahanan tekanan (*pressure resistance*) adalah komponen tahanan kapal yang disebabkan oleh perbedaan tekanan pada permukaan kapal. Rumus tahanan tekanan adalah sebagai berikut :

$$R_{TR} = 0.5 \rho V^2 A_T C_6$$

$$R_{TR} : \text{Tahanan Tekanan (N)}$$

$$P : \text{Massa jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

$$V : \text{Kecepatan kapal (m/s)}$$

$$S : \text{Luas permukaan basah (m}^2\text{)}$$

$$C_6 : \text{Koefisien tahanan total (tidak berdimensi)}$$

$$C_6 = 0.2(1 - 0.2F_{nT}) \quad \text{Jika } F_n \leq 5$$

1.7.5 Korelasi Tahanan Terhadap Bentuk Kapal

Korelasi tahanan terhadap bentuk kapal adalah faktor yang memperhitungkan [engaruh bentuk kapal terhadap tahanan total. Rumus korelasi tahanan terhadap bentuk kapal adalah sebagai berikut :

$$R_A = 0.5 \rho V^2 S C_a$$

R_{TR} : Tahanan Tekanan (N)

P : Massa jenis air (kg/m^3)

V : Kecepatan kapal (m/s)

S : Luas permukaan basah (m^2)

C_a : Koefisien tahanan total (tidak berdimensi)

1.8 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh properti ukuran utama, L/B dan B/T terhadap kebutuhan material konstruksi dan tahanan kapal.
2. Menentukan proporsi ukuran optimum berdasarkan kebutuhan material dan tahanan.

1.9 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan informasi dan masukan untuk pengembangan ilmu pengetahuan terutama dalam perencanaan rasio ukuran utama kapal barang berdasarkan proporsi ukuran optimum dan tahanan.
2. Kajian ini sebagai investigasi awal untuk menentukan proporsi L/B dan B/T yang terbaik dari segi berat konstruksi dan tahanan kapal.

BAB II

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan pendekatan atau perspektif, maka metode adalah prosedur atau cara – cara tertentu dalam mengumpulkan dan menganalisis data (Sug18). Umumnya metode penelitian terdiri dari: desain penelitian, tahap penelitian, lokasi dan waktu penelitian, dan kerangka pikir.

2.1 Desain Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah, penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus. Penelitian deskriptif kuantitatif merupakan jenis penelitian yang digunakan untuk mendeskripsikan suatu kondisi secara objektif melalui proses pengumpulan dan penyusunan data, serta analisis data – data berupa angka dengan metode statistika (Azwar, 2010).

Metode penelitian studi kasus desain kapal barang dilakukan untuk optimisasi proporsional ukuran utama kapal barang berdasarkan kebutuhan material dan tahanan.

2.2 Tahap Penelitian

2.2.1 Identifikasi dan pengumpulan data

Untuk mempermudah analisis dilakukan pengambilan data-data faktual, akurat dan sistematis. Identifikasi dan pengumpulan data dilakukan metode sebagai berikut:

3.1.1 Metodologi Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan metodologi dengan pendekatan kuantitatif dan teknik pengumpulan data yang digunakan adalah studi pustaka.

3.1.2 Analisis Pengumpulan Data

Analisis pengumpulan data dilakukan dengan cara sistematis untuk mengetahui hasil perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan *software*.

3.1.3 Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan dan simulasi komputer dilakukan untuk pembuatan model kapal barang menggunakan *software Maxsur Modeler V24* dan *software Maxsur Resistance V24*. Adapun data yang dibutuhkan dalam simulasi dan pemodelan adalah *lines plan* kapal barang.

2.2.2 Perhitungan Berat Konstruksi Kapal

Perhitungan berat lambung kapal dengan metode pendekatan dikembangkan oleh (Paponikalou, 2014) . Berat konstruksi dihitung untuk mengetahui kebutuhan material konstruksi optimum. Kebutuhan material berdasarkan berat konstruksi terdiri dari berat lambung, berat sekat dan berat bangunan atas.

2.2.3 Pehitungan Tahanan Kapal

Tahanan kapal pada suatu kecepatan merupakan gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap kapal barang dengan koefisien balok tetap dan ukuran dimensi yang berbeda Penggambaran bentuk desain kapal (*lines plan*) sebagai langkah awal dalam penelitian. Selanjutnya membuat model 3D menggunakan software *Maxsurf Modeler V24* dan diinput kedalam *Maxsurf Resistance V24* menggunakan metode Holtrop.

2.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Rancang Bangun Kapal Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin setelah seminar Proposal.

2.4 Kerangka Pikir

Untuk mempermudah proses pelaksanaan penelitian, disusunlah kerangka pikir penelitian sebagaimana diperlihatkan pada gambar sebagai berikut

