

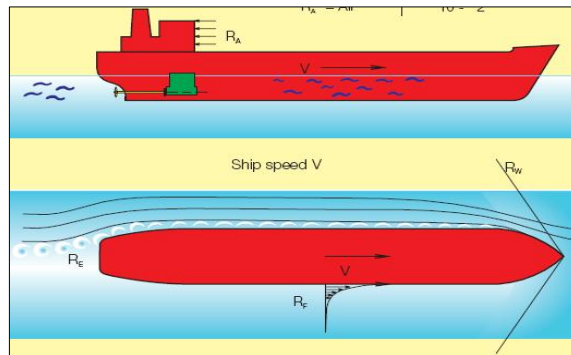
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENGERTIAN TAHANAN (RESISTANCE)

Pada dunia perkapalan hambatan dikenal dengan istilah tahanan kapal. Tahanan kapal sendiri merupakan estimasi kebutuhan daya yang efektif agar kapal bisa bergerak sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Kapal yang bergerak maju dengan kecepatan tertentu akan mengalami gaya hambat oleh fluida yang memiliki arah berlawanan dengan gerak kapal. Gaya hambat tersebut disebabkan oleh gaya fluida, yang dalam hal ini cenderung mengarah pada fluida air yang dinilai cukup besar hambatannya terhadap gerak kapal. Gaya hambat yang disebabkan oleh fluida ini yang disebut sebagai resistance atau tahanan kapal (M. Novan H.A , 2011).

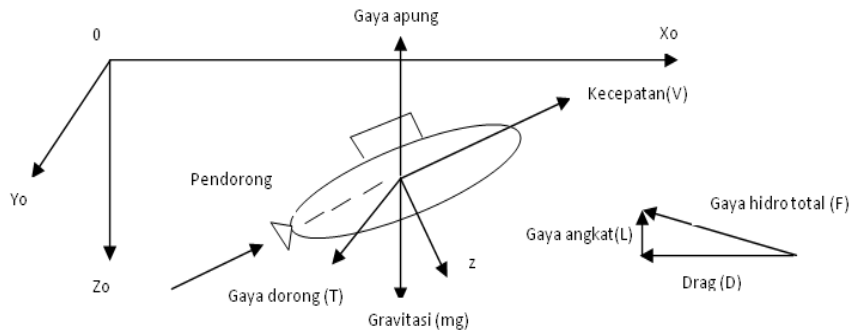
Secara umum, pengertian tahanan (resistance) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya *hidrodinamika*. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air (Muhammad Taufan, 2012).



Gambar 2.1. Kapal yang sedang melawan arus

Suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya *hidrodinamika*. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air.

Gerakan kapal di fluida bekerja seperti sistem sumbu orthogonal yaitu 3 (tiga) buah sumbu x , y , dan z , ditempatkan sedemikian rupa, pusat sumbu berimpit dengan titik berat kapal. Bidang x , dan y satu bidang yang sejajar dengan permukaan bumi (S Wardina, 2012).



Gambar 2.2. Gaya yang bekerja pada kapal

Gerakan kapal dibebani 4 (empat) gaya yang tidak tergantung satu sama lainnya :

- Gaya hidrostatis yaitu massa kali percepatan gravitasi bumi (mg).
- Hambatan hidrostatis (gaya apung) $F\Delta$ atau γv . Seperti halnya mg , tekanan atau gaya ini selalu sejajar dengan Zo .
- Resultante gaya hidrodinamik (F) yang didesakkan oleh air pada kapal sebagai akibat gerakan menerjang air tersebut. Gaya F dapat diuraikan dalam 2 (dua) ; komponen gaya angkat (L) dan komponen tahanan (atau drag) R (atau D). Dimana L tegak lurus terhadap kecepatan kapal dan R (atau D) sejajar V .
- Gaya dorong (T), yang di desakkan oleh air pada pendorong kapal, umumnya berlawanan arah dengan R .

Gaya-gaya tersebut diatas timbul akibat adanya ;

- Kecepatan kapal (V), relatif terhadap air dan udara atau yang dilintasi oleh kapal tersebut.

- b. Gaya gravitasi bumi yang bekerja baik pada kapal maupun pada air yang dibebani oleh kapal itu.
- c. Aksi yang dilakukan pendorong kapal (Propeller).

Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang di atas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan.

2.2 KOMPONEN – KOMPONEN TAHANAN KAPAL (SHIP RESISTANCE)

Komponen – komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung dalam air adalah

2.2.1 Tahanan Gesek (Friction Resistance)

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 dilaluinya. Oleh 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*). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (R_v) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal berikut :

- 1) Angka Renold (*Renold's number, R_n*)

$$R_n = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

- 2) Koefisien gesek (*friction coefficient, C_f*)

$$C_f = \frac{0,75}{(\log R_n - 2,0)^2} \quad (\text{Merupakan formula dari ITTC})$$

- 3) Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio*, S_{lr})

$$S_{lr} = \frac{V_s}{\sqrt{L}}$$

Dimana L adalah panjang antara garis tegak kapal (*length between perpendiculars*).

2.2.2 Tahanan Sisa (Residual Resistance)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari :

- 1) Tahanan Gelombang (*Wake Resistance*)

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

- 2) Tahanan Udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara merupakan tahanan yang di alami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas (*Superstruktur*) 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.

- 3) Tahanan Bentuk

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

2.2.3 Tahanan Tambahan (Added Resistance)

Tahanan tambahan 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. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi.

Komponen Tahanan tambahan terdiri dari :

1) Tahanan anggota badan (Appendages Resistance)

Tahanan anggota badan adalah tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya.

2) Tahanan kekasaran

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

3) Hambatan kemudi (Steering Resistance)

Hambatan kemudi terjadi akibat pemakaian kemudi. Tahanan ini diakibatkan gerakan daun kemudi untuk mempertahankan kelurusan lintasan kapal.

2.3 TAHANAN MODEL KAPAL

2.3.1 Pembuatan Model

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

1) **Kesamaan Geometris**

Kesamaan geometris merupakan hal yang sangat sulit untuk dipenuhi mengingat bahwa dalam pelayaran kapal di laut, permukaan air laut dianggap luas tak berhingga dan kedalaman yang tak berhingga pula sementara ukuran kolam terbatas dengan ukuran model kapal harus kecil, sebanding dengan ukuran kolam atau lainnya. Demikian pula tekanan

permukaan pada tangki percobaan yang dianggap sama dengan tekanan atmosfer, yang seharusnya tekanan tersebut harus diturunkan. Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi– dimensi linier model, misalnya :

Hubungan antara kapal dan model dinyatakan dengan λ dimana :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m}$$

Dimana :

λ	= skala perbandingan
L_s	= panjang kapal (m)
L_m	= panjang model (m)
B_s	= lebar kapal (m)
B_m	= lebar model (m)
T_s	= sarat kapal (m)
T_m	= sarat model (m)

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

a) TOOD :

$$L_m < T \text{ tangki}$$

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

b) HARVALD:

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

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

c) UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

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

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

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

2) Kesamaan Kinematis

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

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad \text{Atau :} \quad \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}}$$

Dimana :

- Fr = angka Froude
- L_s = panjang kapal (m)
- L_m = panjang model (m)
- V_s = kecepatan kapal (m/dt)
- V_m = kecepatan model (m/dt)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

3) Kesamaan Dinamis

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

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad \text{Atau :} \quad \frac{V_m \cdot L_m}{\nu} = \frac{V_s \cdot L_s}{\nu}$$

Dimana :

- Rn = angka reynold
- L_s = panjang kapal (m)
- L_m = panjang model (m)
- V_s = kecepatan kapal (m/dt)
- V_m = kecepatan model (m/dt)
- ν = viskositas kinematis fluida (m²/dt)
= 1,1883 x 10⁻⁶ (m²/dt)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

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

2.3.2 Tahanan Model Kapal

Tahanan model kapal adalah merupakan fungsi dari ukuran pokok, kecepatan kapal dan bentuk dari badan kapal itu sendiri. Untuk menentukan tahanan model, ada beberapa cara yang dilakukan yakni sebagai berikut :

1) Penggunaan Software Maxsurf - Hullspeed

Maxsurf adalah suatu program system modeling permukaan dimensional (surface) yang mendesain bentuk lambung kapal (hull). Maxsurf mempertimbangkan percobaan sistematis dan optimasi cepat tentang segala desain baru. Dengan software ini juga dapat mendesain berbagai macam bentuk lambung kapal dengan membaginya kedalam beberapa bagian surface berdasarkan ketebalan dari kulit lambung kapal tersebut atau langsung membentuk satu bagian utuh lambung kapal dengan satu surface. Maxsurf memiliki keuntungan lebih yaitu mengetahui luasan tiap – tiap bagian lambung, misalnya luasan pada bagian bottom, luasan pada bagian sisi lambung, luasan pada bagian rail, luasan pada bagian transom dan deck. Output dari mendesain dengan menggunakan software maxsurf ini adalah gambar rencana garis, baik itu dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi, luas permukaan tiap – tiap bagian lambung dan total keseluruhan lambung, displacement serta kurva CSA.

Hullspeed merupakan bagian dari software maxsurf yang bertujuan untuk memprediksi tahanan dari bentuk lambung kapal apabila efisiensi dari lambung (hull) diketahui atau diestimasi maka power yang dibutuhkan dari suatu desain akan dapat diprediski juga, dengan software ini dapat menggunakan beberapa pilihan metode, diantaranya :

1. Savitsky (pre-planning) : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung sebelum kapal dibangun atau dapat dikatakan sebagai pre-planning resistance.

2. Savitsky (planning) : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan badan kapal ketika kecepatan kapal sudah disesuaikan.
3. Lahtiharju : digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung kapal ketika kecepatan yang telah direncanakan telah disesuaikan.
4. Holtrop : perhitungan ini didesain untuk memprediksi tahanan dari kapal tanker, general cargo, kapal ikan, tug boat, kapal container dan kapal – kapal cepat.
5. Series 60 : digunakan untuk estimasi tahanan dari kapal cargo berbaling – baling tunggal.
6. Van Oortsmerssen : digunakan untuk estimasi tahanan kapal kecil seperti trawl dan tug boat.
7. Delfi series : prediksi tahanan kapal ikan

2) Percobaan Model

Dalam melakukan percobaan model untuk menentukan tahanan kapal, ada berapa metode yang telah dikembangkan antara lain :

a) Metode Froude

Pada tahun 1868, William Froude memberikan memorandum terkait tentang pengamatan dan saran mengenai penentuan tahanan kapal dengan melalui percobaan. Froude membagi tahanan kapal atau model kedalam dua bagian yakni tahanan gesek yang dipengaruhi oleh gaya viskositas dan gaya inersia, dan tahanan sisa yang disebabkan karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya inersia. Sehingga tahanan total model R_{TM} total dari Tahanan gesek dan tahanan sisa model, dengan formulasi yakni :

$$R_{TM} = R_{FM} + R_{RM}$$

b) Metode ITTC 1957

Metode ini didasarkan pada asas Froude dan garis korelasi-model pada tahun 1957. ITTC pada tahun (1959) memutuskan untuk mengambil garis yang diberikan dalam rumus :

$$C_F = \frac{0,075}{(1,0 \log_{10}(R_n - 2))^2}$$

Sebagai garis hubungan timbal balik (korelasi). C_F adalah koefisien tahanan gesek. Melalui pengujian pada tangki percobaan maka dapat ditentukan koefisien tahanan total model dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{tm} = \frac{R_{TM}}{\frac{1}{2} \rho_M V_M^2 S_M}$$

R_{TM} adalah tahanan model, V adalah kecepatan model, S_M adalah permukaan basah model dan ρ_M adalah massa jenis air di tangki percobaan.

Selanjutnya koefisien tahanan sisa untuk model tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$C_{RM} = C_{TM} - C_{FM}$$

Koefisien tahanan sisa kapal pada angka Froude yang sama seperti angka Froude model dan angka *reynold* yang sesuai adalah :

$$C_{RK} = C_{RM}$$

Dengan memakai garis korelasi model-kapal ITTC 1957 sebagai ekstrapolator maka koefisien tahanan total untuk kapal yang mulus dapat ditentukan dengan memakai rumus :

$$C_{TSS} = C_{FK} + C_{RK}$$

Selanjutnya, koefisien tahanan total kapal adalah :

$$C_{TSS} = C_{FS} + C_{RM} + C_A$$

C_A adalah koefisien penambahan tahanan untuk korelasi model-kapal. Koefisien ini juga memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan model. Beberapa tangki percobaan memakai koefisien yang sama untuk semua jenis kapal. Misalnya 0,0004. Tangki percobaan lainnya hanya menganggap bahwa koefisien harus disesuaikan dengan jenis dan ukuran kapal.

3) Seri Standar Percobaan

Diantara seri uji model yang paling dini dan paling lengkap yang dilakukan untuk penyelidikan perimbangan bagian (proporsi) dan bentuk kapal adalah seri yang dibuat oleh Taylor (1993) dan Kent (1919). Semua bentuk yang dipakai oleh Taylor didasarkan pada rancangan garis kapal perang, jenis kapal penjelajah Inggris pada tahun 1900. Rancangan badan kapal serta profil haluan dan buritan model yang dijadikan induk (*parent form*) dari seri standar Taylor. Seri yang dipakai Kent didasarkan pada bentuk pada kapal niaga yang berbaling-baling ganda. Model tersebut diperoleh dengan memvariasi geometri semua rancangan yang dijadikan induk.

4) Pemakaian Metode Statistic

Doust (1962,1964) adalah salah satu orang pertama yang mendemonstrasikan pemakaian teori statistik dalam perancangan kapal dan untuk memperkirakan daya. Dengan pemakaian komputer metode tersebut akan menghasilkan persamaan regresi yang menyatakan tahanan kapal dalam parameter bentuk dasar (*basic form parameter*) untuk suatu jenis kapal tertentu pada angka Reynolds yang dikehendaki. Dengan memakai sejumlah kombinasi khusus dari parameter bentuk, persamaan regresi ini akan memberikan perkiraan mengenai tahanan kapal yang ditinjau. Sementara itu, dalam berbagai hal tertentu, meminimalan

(*minimization*) persamaan ini kedalam rentang parameter bentuk yang umum dalam praktek akan memberikan indikasi mengenai hal yang dapat dilakukan untuk menjadikan tahanan kapal lebih baik.

5) Pemakaian Diagram

Pada metode ini penentuan tahanan kapal dilakukan dengan pengaplikasian grafik yang dimana grafik ini telah dipublikasikan oleh penemunya masing-masing sejak dulu. Adapun grafik tersebut adalah :

a) Diagram Taylor dan Gertler (1933,1954)

Diagram **Taylor** (1933) dibuat berdasarkan hasil percobaan model yang dilakukan dengan memakai serangkaian (seri) model yang garis rancangannya didasarkan pada garis rancangan badan kapal penjelajah Inggris.

b) Diagram lap (1959)

c) Diagram Guldhammer dan Harvald (1965,1974)

Adapun langkah – langkah dalam melakukan perhitungan tahanan kapal menggunakan Metode Guldhammer dan Halvard adalah sebagai berikut :

➤ Volume Displacement Kapal

Volume displacement merupakan volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup air. Maka dapat diketahui besarnya nilai volumedisplacement kapal dengan mengalikan panjang Length of Water Line (LWL) dengan Lebar (B), Sarat (T) dan Coefisien Block Water Line (δ_{wl}).

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times \delta_{WL} \text{ [m}^3\text{]} \dots\dots\dots(\text{Tupper, 1996.hal : 11})$$

➤ Displacement Kapal

Berat displacement kapal adalah berat kapal yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup air. Dan berat displacement dapat diketahui jika kita terlebih dahulumenthitung besar volume displacement kapal

dan dikalikan dengan massa jenis air laut ($\rho_{\text{air laut}} = 1,025 \text{ ton/m}^3$).
Jadi dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\Delta = Lwl \times B \times T \times \delta \times \rho_{\text{air laut}} \quad [\text{ton}]$$

$$= \nabla \times \rho \quad [\text{ton.....(Tupper, 1996.hal : 11)}$$

➤ Menghitung Luas Permukaan Basah (S)

Luas permukaan basah suatu kapal juga mempengaruhi nilai koefisien tahanan gesek suatu kapal karena badan kapal yang tercelup air jika bergerak akan terdapat gesekan maka dari itu harus dicari nilai luas permukaan basah. Dengan menggunakan versi rumus Mumford dimana Luas permukaan basah badan kapal dapat dicari dengan :

$$S = 1,025 \times Lpp (\delta_{pp} \times B + 1,7 \times T) [\text{m}^2] \quad (\text{Harvarld, 1992.hal : 131})$$

➤ Menghitung Froude Number (Fn)

Besarnya nilai dari Froude Number (Fn) dapat diperoleh melalui rumus :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{gL}} \dots\dots\dots (\text{Harvarld, 1992.hal : 43})$$

Dimana :

$$v = 12 \text{ knot} = 6,17333 \text{ m/s}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi standar} (= 9,81 \text{ m/s}^2)$$

➤ Menghitung Angka Reynold Number (Rn)

Besarnya nilai dari Reynold Number (Rn) dapat diperoleh melalui rumus :

$$Rn = \frac{v \times Lwl}{\nu_k} \dots\dots\dots (\text{Harvarld, 1992.hal : 118})$$

- Mencari Nilai C_f (Friction Coefficient Resistance)

R_f atau tahanan gesek merupakan tahanan yang disebabkan karena adanya suatu gesekan yang terjadi antara lambung kapal dengan fluida yang mengalir, dimana fluida yang bekerja disini adalah air laut. Koefien gesek ini timbul akibat adanya tahanan yang disebabkan oleh kekentalan fluida/ viscositas fluida yang dalam hal ini adalah air laut.

Berdasarkan (*Harvald 5.5.14, Tahanan & Propulsi Kapal, hal 119*)

koefisien tahanan gesek didapat dari rumusan :

$$C_F = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2} \dots\dots\dots(\text{Harvarld, 1992.hal : 119})$$

- Menghitung Koefisien Tahanan Sisa (C_R)

C_R atau koefisien tahanan sisa kapal dapat ditentukan melalui diagram *Guldhammer-Harvald* dengan menentukan terlebih dahulu rasio dari $L_{wl} / (\nabla^{1/3})$ dari kapal yang sedang dirancang.

2.3.3 Towing Tank

Towing tank umumnya digunakan untuk mengetes tahanan dengan menggunakan model yang bergerak dalam tangki pada kecepatan tertentu sepanjang tangki.

Ada 2 (dua) tipe towing tank yakni sebagai berikut :

- a) Towing Tank dengan kereta penarik

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

- b) Towing Tank dengan beban atau gravitasi

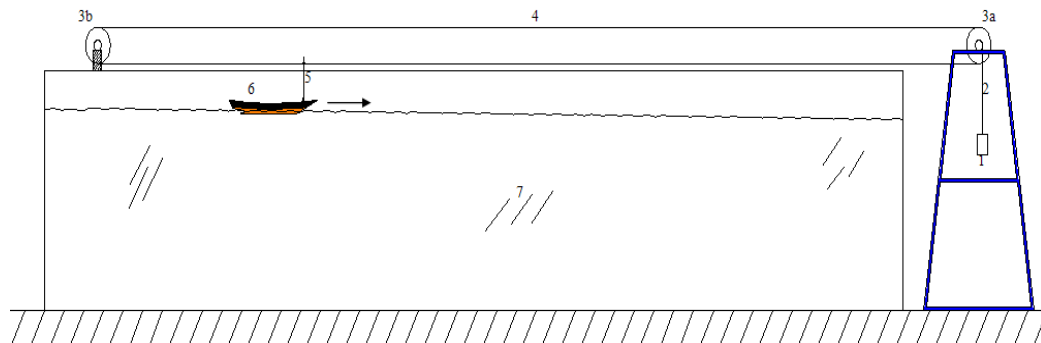
Tangki ini dilengkapi dengan tali(senar) yang menegelilingi rol atau katrol, masing-masing saling berlawanan pada ujung katrol. Salah satu

katrol bertindak sebagai pengemudi dan lainnya sebagai pengikat atau pengantar.

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

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

Tipe semacam inilah yang digunakan dalam eksperimen tahanan yang terdapat di Laboratorium Hidrodinamika yang dilengkapi dengan peralatan percobaan, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



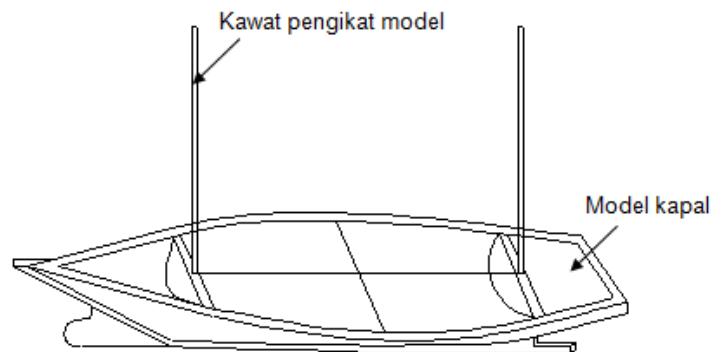
- Keterangan:
1. Pembebanan yang jatuh bebas
 2. Tali pengikat system pemberat
 3. Katrol :
 - a. Piringan bobot mula
 - b. Piringan bobot lawan
 4. Tali penarik (kawat bentangan)
 5. Kawat pegangan
 6. Model perahu yang akan ditarik
 7. Tangki percobaan

Gambar 2.3. Sketsa tampak samping tangki percobaan Laboratorium Hidrodinamika Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin

Menurut **Rosmani (1986)** cara peletakan kawat pegangan pada model dan kejadian yang terjadi pada saat model ditarik yaitu :

1. Bagian tengah pada muka dan belakang model ; posisi model miring dan haluannya seolah – olah mengarah ke dinding tangki percobaan.
2. Bagian depan pada sisi kanan dan kiri model ; model miring kekanan dan kawat pegangan membentuk sudut walaupun gerakan model sangat lambat.
3. Bagian tengah depan model ; sudut yang dibentuk oleh kawat pegangan hanya pada saat model bergerak dengan kecepatan yang lebih besar.

Dari ketiga cara diatas, posisi yang digunakan dalam percobaan adalah pertama.



Gambar 2.4. Sketsa peletakan kawat pengikat pada model

Selain letak kawat pegangan, jenis kawat dan ukurannya juga berpengaruh baik panjang maupun besarnya. Panjang kawat pegangan bergantung pada dalamnya air dalam tangki, menurut **Rosmani (1986)** ada beberapa ukuran kawat pegangan antara lain sebagai berikut:

1. Besi bulat dengan diameter 1 cm, dimana dalam penggunaannya mengakibatkan tali bentangan mempunyai lendutan yang besar.
2. Benang dengan diameter 1 mm, dimana dalam penggunaannya posisi model tidak tepat.
3. Kawat dengan diameter 1 mm, posisi model tidak stabil dimana kawat tidak akan kembali apabila model bergerak kesamping
4. Kawat dengan diameter 2 mm, posisi model tetap dan jenis inilah yang akan digunakan.

Setelah itu tarik model dan catat waktu yang ditempuh model pada jarak yang sudah ditentukan. hal ini dilakukan beberapa kali sehingga kita bisa memperoleh waktu tempuh rata – rata dengan jarak yang sama sehingga diperoleh kecepatan model. Dengan demikian tahanan model dapat kita hitung, dari tahanan ini kita dapat mengestimasi berapa besarnya daya efektifitas kapal tersebut melalui uji model.

2.4 PENGENDALIAN KOROSI MENGGUNAKAN ICCP DAN ZINC ANODA

Korosi telah didefinisikan sebagai penurunan mutu logam oleh reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Banyak situasi pada korosi yang tidak dapat kita cegah, kita hanya dapat berupaya mengendalikannya sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai lebih panjang. Pengendalian bisa dilakukan dengan dua cara :

- a) Dengan memberikan arus eksternal ke dalam logam yang ingin dilindungi. Cara ini disebut proteksi katodik arus terpasang (Impressed Current Cathodic Protection, ICCP)
- b) Dengan membentuk pasangan galvanik, yaitu menambahkan logam yang bersifat lebih anodik daripada logam yang dilindungi. Logam pelindung tersebut akan terkorosi, sehingga metode ini disebut metode anoda tumbal (Sacrificial Anoda Method)

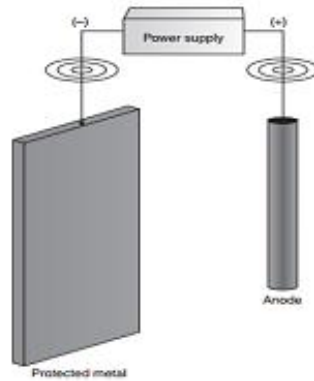
2.4.1 Pengendalian Korosi dengan ICCP (Impressed Current Cathodic Protection)

Berbeda dengan system anoda galvanik, aliran arus dari anoda kekatoda dimasukkan dari sumber DC dalam system arus terpasang. Jadi, dimana arus diproduksi oleh elektroda yang terkorosi dalam system anoda galvanic, system proteksi arus terpasang menggunakan sumber arus yang berasal dari luar. AC input merubah arus dalam bentuk tegangan arus DC. Sebuah trafo penyearah arus (rectifier) adalah komponen yang paling penting dari system ini.

Keuntungan yang dimiliki saat menggunakan metode proteksi katodik arus terpasang adalah :

- Jumlah arus dan daya yang keluar tinggi

- Kemampuan untuk menyesuaikan tingkat perlindungan
- Daerah yang dilindungi lebih besar
- Anoda yang dibutuhkan sedikit, bahkan untuk lingkungan yang memiliki resistivitas tinggi
- Dapat melindungi struktur yang dilapisi cat kurang baik



Gambar 2.5. Skema prinsip perlindungan katodik dengan arus terpasang

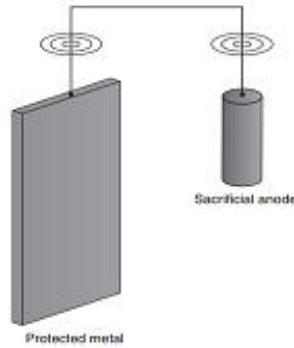
Adapun hal – hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan ICCP antara lain :

- Pengecekan sumber arus ICCP setiap 2 bulan sekali. Termasuk didalamnya pengecekan arus yang keluar, konsumsi power, terlindungnya struktur secara menyeluruh
- Semua fasilitas sistem ICCP di inspeksi, termasuk pengecekan terhadap terjadinya arus pendek, koneksi kabel, akurasi alat ukur, efisiensi rectifier, keseluruhan tahanan yang dilewati
- Dilakukan pengecekan dengan voltmeter untuk mengetahui tegangan pada kapal, sehingga diketahui arus yang mengalir pada kapal. Hal ini untuk memastikan kebutuhan arus telah diperoleh oleh kapal, sehingga memastikan bahwa kapal sudah terproteksi

2.4.2 Pengendalian Korosi dengan Zinc Anoda

Di dalam suatu sel elektrokimia, dua elektroda yang dicelup dalam larutan elektrolit lalu keduanya dihubungkan dengan kawat penghantar, maka akan terjadi aliran elektron dari elektroda yang mempunyai potensial oksidasi lebih

tinggi (anoda) ke elektroda dengan potensial oksidasi lebih rendah (katoda). Demikian juga dalam pembicaraan ini anoda adalah logam yang terkorosi.



Gambar 2.6. Skema prinsip perlindungan katodik dengan metode anoda korban

Sifat – sifat yang harus dimiliki anoda tumbal yaitu :

- Mempunyai potensial yang cukup negatif untuk meyakinkan terjadinya proteksi katodik
- Mempunyai kemampuan untuk terkorosi terus – menerus selama dipakai dan tidak membentuk selaput pelindung dipermukaan
- Mempunyai efisiensi anoda yang relatif tinggi

Zinc anoda ini sangat luas penggunaannya, baik untuk lingkungan tanah dengan resistivitas rendah maupun lingkungan laut. Karakteristik yang dimiliki oleh zinc anoda yaitu produk korosi memisahkan anoda dengan anoda lain. Oleh karena itu, anoda dipasang dibawah permukaan air dalam tanah tidak bebas dari karbonat atau fosfat sehingga pasivitas tidak terjadi