

BAB II

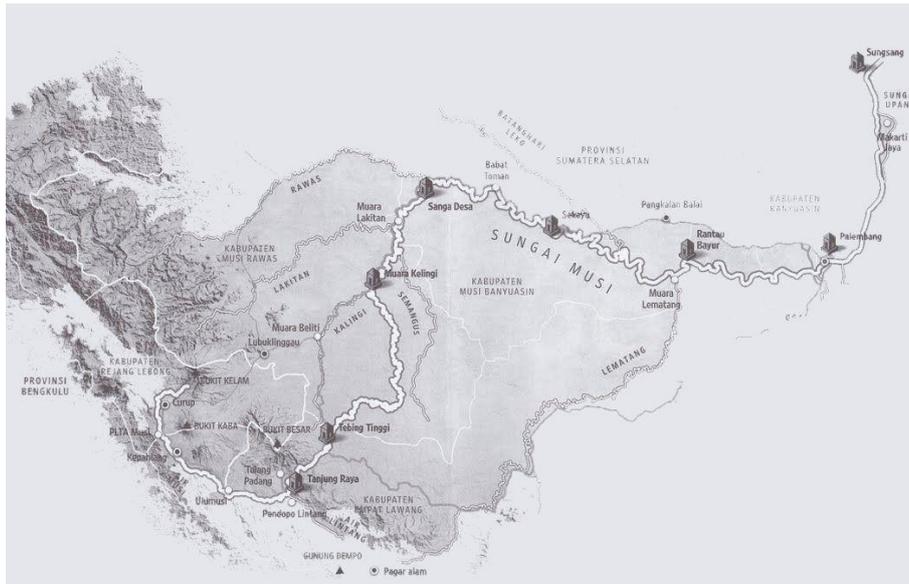
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Sungai dan Danau Indonesia

Saat ini sebagian besar sungai dan danau di Indonesia mengalami kerusakan, salah satunya adalah tingginya laju sedimentasi dan erosi. Akibatnya kondisi kuantitas (debit) air sungai menjadi fluktuatif antara musim penghujan dan kemarau. Pendangkalan sungai atau alur karena daerah aliran sungai kurang dikendalikan dengan baik dengan banyaknya penebangan liar, daerah pertanian yang pengendalian erosinya buruk, dan pertambangan yang mengakibatkan pendangkalan yang sangat cepat, yaitu salah satunya adalah sungai Musi dan danau Toba.

2.1.1. Sungai Musi

Sungai ini sebagai prasarana utama angkutan sungai di Sumatera Selatan, dan menjadi jalur transportasi yang sangat penting, terutama bagi alur pelayaran angkutan laut yang membentang dari Pelabuhan Palembang sampai dengan Muara Sungai (ambang luar). Disisi lain, dengan dilayari sungai Musi oleh kapal laut menimbulkan masalah karena sifat sungai ini sebagai alur pelayaran perairan yang memiliki berbagai keterbatasan, seperti kedalaman dan kelebaran alur serta kecepatan kritis material pembentuk alur. Masalah tersebut akan terjadi apabila kapal laut dalam proses navigasinya tidak memperhatikan berbagai keterbatasan tersebut, terutama dalam aspek kecepatan berlayar, sehingga dapat menyebabkan timbulnya kerusakan alur. Kerusakan tersebut berupa penggerusan tepi dan dasar alur yang selanjutnya akan menimbulkan proses sedimentasi.



Gambar 2.1. Alur sungai Musi (Sumatera Ekspres, 2009)

Sungai Musi memiliki panjang total yang dapat dilayari mencapai 450 km dengan 8 cabang anak sungai yang cukup besar. Sungai Musi ini mempunyai alur yang berkelok-kelok (gambar 2.2). Kelokan-kelokan ini terbentuk karena adanya pengendapan akibat proses sedimentasi. Akibat dari pengaruh sedimentasi yang cukup tinggi sehingga kedalaman sungai Musi menjadi bervariasi antara 4,5 m - 25 meter. Pendangkalan Sungai Musi mencapai sekitar 40 cm per bulan dengan volume endapan bisa mencapai 2,5 juta meter³. Terdapat 13 titik pendangkalan sepanjang alur pelayaran sungai Musi dari Pelabuhan Boom Baru hingga Selat Bangka. Lokasi yang mengalami pendangkalan paling parah yaitu ambang luar sungai Musi, muara Selat Jaran dan bagian selatan Pulau Payung dengan panjang sedimentasi mencapai 7 km. Meskipun tiap tahun dilakukan pengerukan, namun tingginya pengendapan selalu terjadi. Imbasnya, jalur pelayaran dari ambang luar Sungai Musi ke Pelabuhan Boom Baru Palembang menjadi terganggu. Bagi kapal-kapal dengan bobot lebih dari 5000 ton akan mengalami kendala. Mereka kesulitan untuk merapat lebih jauh ke ilir sungai Musi, terutama mendekati dermaga Pelabuhan Boombaru Palembang. (Sumatera Ekspres, 2009)

2.1.2. Danau Toba

Pemanfaatan dalam berbagai bentuk tindakan yang secara langsung maupun tidak langsung bersinggungan dengan Danau Toba telah menimbulkan permasalahan kerusakan ekosistem danau. Peningkatan jumlah penduduk disekitar

Danau Toba dan Daerah Aliran Sungai yang menuju Danau Toba menyebabkan lahan kritis di daerah tangkapan air dan pencemaran air danau akibat pembuangan limbah. Pada tahun 2011, lahan kritis di daerah tangkapan air Danau Toba mencapai 165.835 Ha (63,8%) dari total 259.954 yang berupa daratan. Jumlah ini meningkat 90% dari tahun 2008 yang mencapai 87.303 Ha.

Pemukiman penduduk, aktifitas budidaya ikan melalui keramba jaring apung dan industri pariwisata yang terkonsentrasi di daerah tangkapan air dan sekitar perairan Danau Toba menambah masalah kerusakan ekosistem Danau Toba. Limbah rumah tangga penduduk di daerah tangkapan air yang dibuang ke sungai – sungai yang mengalirkan air ke Danau Toba menyebabkan limbah tersebut mengendap di danau.

Dampaknya adalah air danau menjadi keruh dan menghalangi sinar matahari masuk perairan. Apabila hal ini disertai dengan pembusukan tanaman air yang tinggi, maka akan terjadi proses sedimentasi yang menjadi penyebab terjadinya pendangkalan perairan.



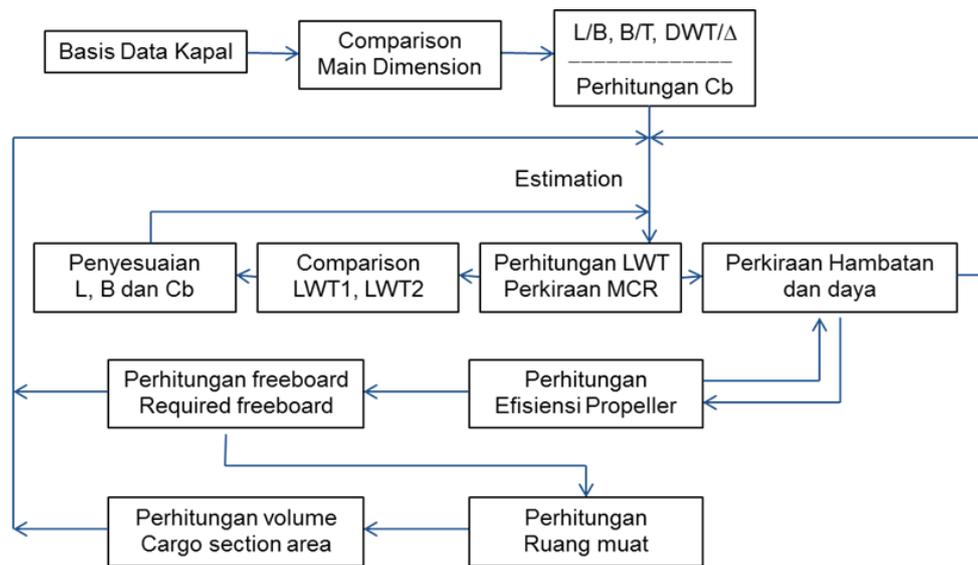
Gambar 2.2. Pegunungan Danau Toba (Foto oleh Lisa Borre, 2011)

2.2. Optimalisasi Desain Kapal

Kapal-kapal yang beroperasi di sungai ataupun danau pada prinsipnya menggunakan pendekatan yang sama seperti halnya kapal-kapal yang beroperasi di laut, namun terdapat beberapa perbedaan yaitu dalam pelayaran pedalaman terdapat batasan dimensi, batasan olah gerak kapal, berat jenis air yang lebih kecil dari air laut sehingga draft yang kapal lebih dalam di air tawar dari di laut, kapal

sungai tidak mengalami gelombang yang besar sehingga lambung bebasnya/freeboard dapat dibuat lebih rendah.

Prosedur dalam rancangan suatu kapal dapat dikembangkan dengan merumuskan proses tersebut dalam bentuk optimisasi (Lyon & Mistree, 1985). Optimisasi desain kapal juga dapat dilakukan pada proses *preliminary design* seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.4 yaitu dengan cara melengkapi rencana optimasi pada tahap desain yang sudah ada.



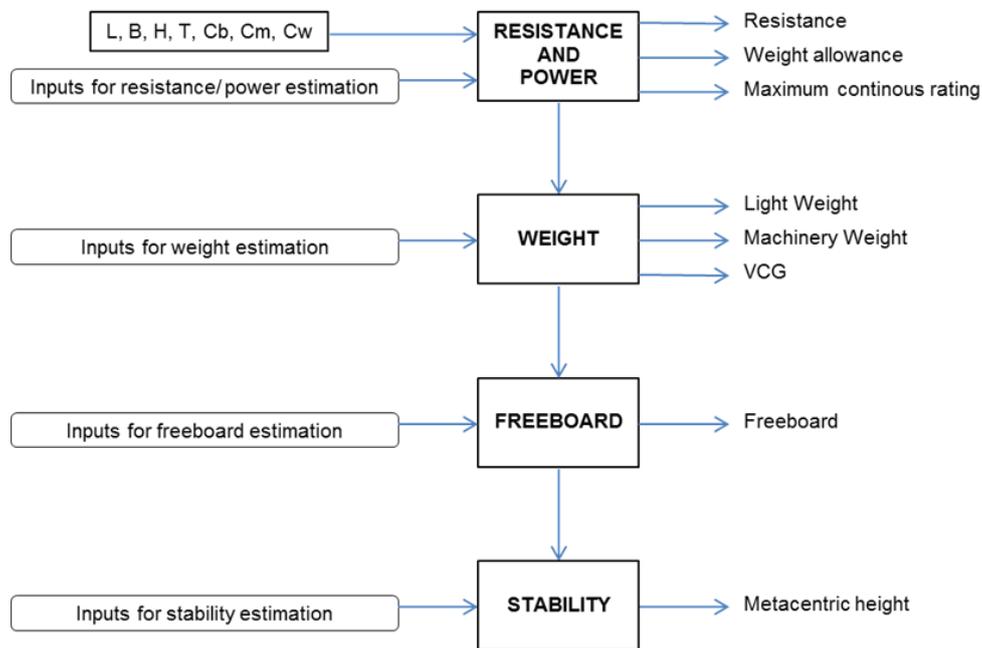
Gambar 2.3. *Preliminary Design Kapal*

Dalam proses desain kapal, semua variabel dan persamaan matematik cukup rumit karena sejumlah metode estimasi yang terlibat. Oleh karena itu dalam proses optimasi ini menggunakan metode pendekatan unit. Pada setiap output dari satu unit digunakan sebagai input ke unit berikutnya dan sebagainya. Melalui urutan yang tepat dari unit, jumlah optimum input yang diperlukan untuk set semua unit adalah desain variabel yang diperlukan (Gambar 2.5).

Analisis pada tahap *basic design* atau untuk tujuan studi kelayakan, digunakan sebelum memasuki tahapan disain selanjutnya. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah:

- a. Menentukan variabel, yaitu harga-harga yang akan dicari dalam proses optimisasi.
- b. Menentukan parameter desain, yaitu harga-harga yang besarnya tidak berubah selama satu kali proses optimisasi karena adanya syarat-syarat tertentu.

- c. Menetapkan batasan, yaitu batasan-batasan yang telah ditentukan perencana, pemesan, aturan-aturan klas maupun persyaratan-persyaratan lainnya.
- d. Menentukan fungsi objektif, yaitu hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang harganya dioptimumkan.



Gambar 2.4. Model optimisasi desain kapal

2.2.1. Design Variables and Parameters

Variabel dan parameter desain yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Ukuran utama kapal, yaitu:
 - length between perpendiculars L_{pp} (m),
 - breadth B (m),
 - scantling draught d_s (m),
 - block coefficient C_B
- b. Variable ratio : L/B , L/D , L/T , B/D , B/T , T/D
- c. Margin desain yang harus dipenuhi, misalnya:

- DWT (t),
- Kapasitas tangki muatan (m^3),
- Kecepatan kapal (knot);

d. Spesifik c voluminosity kapal $\kappa = V_{\text{cargo}} / (L_{pp} BD)$

Yaitu ratio net volume ruang kargo dan volume maksimal kapal. Harga ini tergantung pada jenis kapal, ukuran, dan nilai koefisien blok (C_b)

2.2.2. Design Constraints

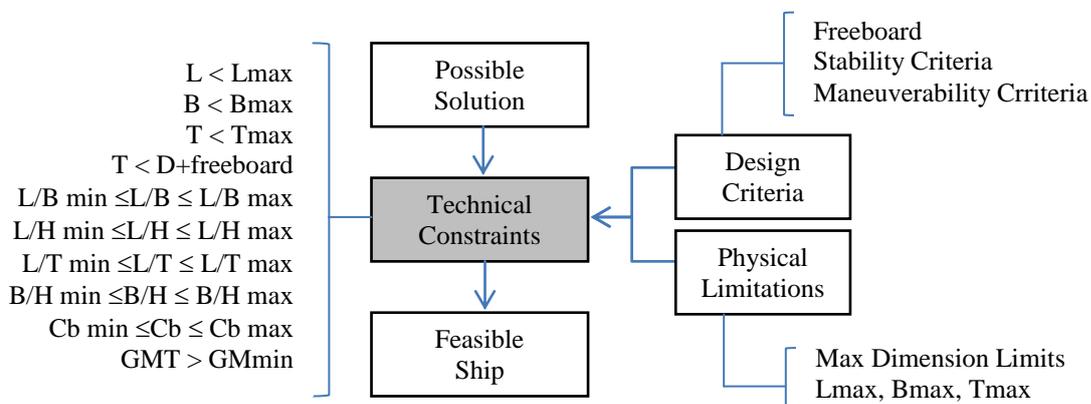
Batasan-batasan yang digunakan dalam optimasi, yaitu nilai minimum ataupun nilai maksimum dari variabel. Atau dengan menggunakan persamaan yang menentukan harga-harga batas (atas atau bawah) dalam perhitungan optimasi, sehingga didapat suatu nilai optimum dari objective function yang sesuai seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6. Adapun design constraint yang digunakan adalah:

a. Variabel dari ukuran utama kapal, yaitu :

- length between perpendiculars L_{pp} (m),
- breadth B (m),
- scantling draught d_s (m),
- block coefficient C_b ;

b. Nilai ekstrim rasio antara variabel desain, yaitu :

- min-max length/breadth ratios: $(L_{pp}/ B)_{\text{min}}$, $(L_{pp}/ B)_{\text{max}}$;
- min-max length/scantling draught ratios: $(L_{pp}/ d_s)_{\text{min}}$, $(L_{pp}/ d_s)_{\text{max}}$;
- min-max breadth/scantling draught ratios: $(B/ d_s)_{\text{min}}$, $(B/ d_s)_{\text{max}}$;
- min-max length/depth ratios: $(L_{pp}/ D)_{\text{min}}$, $(L_{pp}/ D)_{\text{max}}$.



Gambar 2.5. Ship Dimensioning Constraints

Nilai maksimum dari ukuran utama biasanya dibatasi oleh kapasitas/ teknologi galangan kapal, ketentuan dan peraturan undang-undang internasional atau dari persyaratan/permintaan pemilik kapal.

2.2.3. Design Properties

Suatu nilai yang tergantung pada input nilai variabel dan parameter desain. Design properties meliputi :

a. Displacement

Displacement kapal (Δ) dinyatakan dengan formula:

$$\Delta = L B T Cb \rho \quad (t)$$

b. Outfit Weight (W_o)

c. Machinery Weight (W_m)

d. Lightship Weight

Pada proses perancangan kapal, merupakan salah satu faktor yang menentukan seberapa besar nilai optimal pada suatu kapal. Semakin kecil nilai LWT yang dimiliki suatu kapal maka akan semakin optimal nilai ekonomis dari suatu kapal. Penambahan dan pengurangan LWT pada proses optimasi berakibat terhadap dimensi ukuran utama kapal.

LWT didefinisikan sebagai jumlah dari struktur berat baja (W_{st}), berat mesin (W_m) dan berat peralatan (W_o), yaitu:

$$LWT = W_{st} + W_m + W_o \quad (t)$$

e. Berat struktur baja W_{st} (t)

Tergantung pada ukuran utama, jenis dan ukuran kapal. Berat struktur baja juga dipengaruhi oleh spesifik desain (superstructure, ice class, forecastle, poop, etc.)

f. Deadweight (DWT), yang tergantung pada ukuran utama kapal.

Semakin besar nilai *deadweight tonnage* (DWT) kapal maka semakin besar pula nilai ekonomis yang dimiliki sebuah kapal. Namun hal ini tidak berlaku dalam proses perancangan kapal karena suatu desain dikatakan optimal jika DWT kapal dari perancangan kapal memiliki harga DWT sesuai permintaan pemilik kapal.

$$DWT = \Delta - LWT \quad (t)$$

g. Minimum Freeboard

Perhitungan minimal freeboard berdasarkan kombinasi variabel desain (L_{pp} , B , T , C_b). Selama tahap desain selalu mungkin untuk dilakukan perbaikan perhitungan untuk tingkat tertentu.

- h. Kecepatan (V_s)
- i. F_n (*Froude number*)
- j. Perhitungan Hambatan Kapal
- k. Perhitungan Stabilitas Awal

Stabilitas kapal sangat ditentukan oleh beberapa faktor seperti bentuk badan kapal, berat dan letak titik berat pada saat kapal beroperasi (kondisi pemuatan). Kondisi kapal yang beroperasi selalu mengalami perubahan berat dan letak titik berat. Adanya variasi pada kondisi pemuatan, maka pemeriksaan terhadap stabilitas kapal mengacu pada beberapa kondisi. Selain itu, jika terjadi perubahan bentuk badan kapal, pergantian/ penambahan peralatan, ataupun penambahan konstruksi juga berpengaruh terhadap stabilitas kapal. Hal tersebut disebabkan terjadinya perubahan berat dan letak titik berat. Penilaian tentang stabilitas dilihat dari bentuk kurva stabilitas statis (kurva GZ), dimana GZ merupakan besarnya lengan pengembali kapal pada kondisi oleng tertentu. Sedangkan besarnya GZ tergantung dari besarnya KN (*Cross Curve*) dan KG (letak titik berat kapal). Kriteria stabilitas didasarkan pada persyaratan IMO (*International Maritime Organization*), *INTACT STABILITY for all types of ship covered by IMO instrument resolution A.749 (18), Chapter 3.1 – General intact stability criteria for all ships*.

2.2.4. Objectives Function

Dalam menentukan desain yang akan meminimalkan *Economical Design Parameters* (EDP) yaitu dengan menentukan fungsi objektif (*objective functions*). Hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang harganya dioptimumkan adalah:

- a. Meminimalkan berat struktur baja (*Minimizing the weight of steel structure*)
Desain objektif untuk berat minimum struktur baja sangat diperlukan dalam meminimalkan berat baja yang digunakan karena berat total kapal merupakan elemen dominan. Tergantung pada jenis dan ukuran kapal, berat baja dapat mencapai sampai 30% dari biaya total.
- b. Meminimalkan tenaga mesin utama (*Minimizing the main engine power*)

Mesin utama adalah peralatan kapal yang paling mahal dan bisa mencapai 15% biaya total pembangunan kapal. Oleh karena itu, meminimalkan tenaga mesin utama adalah sangat penting. Daya maksimal dan biaya dari mesin utama tergantung pada kenaikan jumlah silinder, hal yang sama berlaku dengan jenis mesin utama yang dipilih. Oleh karena itu, desain mesin utama yang ditargetkan harus digunakan untuk daya yang paling tinggi.

c. Memaksimalkan stabilitas (*Maximizing the stability*)

Fungsi objektif ini sangat penting terhadap kestabilan kapal yang membawa muatan.

d. Memaksimalkan kecepatan

Memaksimalkan kecepatan kapal dapat dilakukan dengan meminimalkan hambatan/ resistance kapal.

2.3. Hambatan Kapal

Pada kapal cepat dengan ukuran kecil ketika dioperasikan akan mengalami kondisi berikut

- a. Pada kondisi saat kapal diam dan bergerak pada kecepatan rendah, kapal cepat (planning boat) tersebut memiliki sifat sebagai layaknya lambung displasemen (*Displacement Hull*). Pada kondisi ini keseluruhan gaya angkat (*lift*) yang bekerja pada lambung berasal dari gaya apung.
- b. Kecepatan yang meningkat akan berdampak pada koefisien kecepatan yang merupakan fungsi dari lebar rata-rata kapal dan kecepatan serta percepatan grafitasi. Pada saat kapal berada pada nilai koefisien kecepatan mencapai 0.5, akan terjadi penurunan resultan gaya hidrodinamik.
- c. Pada koefisien kecepatan antara 0.5 hingga 1.5 pengaruh dinamik menghasilkan nilai tambah yang positif terhadap gaya angkat (*lift*), meskipun pada sebagian besar kasus, tidak terjadi kenaikan yang signifikan pada pusat grafitasi atau kenaikan pada bagian depan haluan.
- d. Pada koefisien kecepatan yang lebih besar dari 1.5, suatu kapal cepat akan memiliki gaya angkat dinamik yang akan menghasilkan kenaikan yang signifikan pada pusat grafitasi, trim, dan semakin meningginya haluan.

Koefisien kecepatan oleh Savitsky dinyatakan dengan:

$$Cv = \frac{V}{\sqrt{g \cdot b}}$$

Dimana :

C_v = Koefisien Kecepatan

V = Kecepatan Kapal (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s²)

b = Maximum Beam Over Chine (m).

Salah satu karakteristik kapal cepat ialah adanya Bilangan Froude (Froude Number). Tidak seperti pada kebanyakan Bilangan Froude yang sudah dikenal pada kapal displasemen, bilangan froude pada kapal cepat merupakan fungsi dari kecepatan dan volume displasemen. Penentuan nilai bilangan Froude pada kapal cepat berdasar hasil yang diperoleh dari grafik tersebut dinyatakan dengan:

$$Fn_{\nabla} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \nabla^{1/3}}}$$

Dimana :

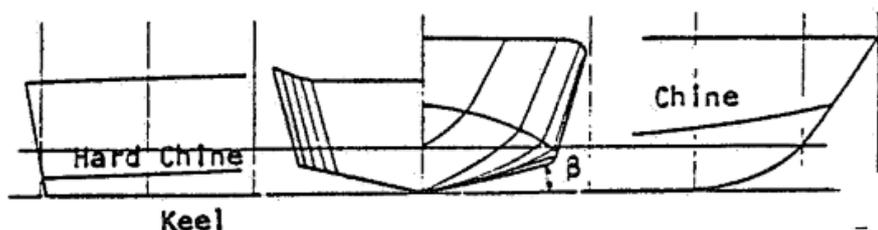
Fn_{∇} = Bilangan Froude Volume

v = Kecepatan Kapal (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s²)

∇ = Displasemen Volume (m³)

Pada suatu batasan kecepatan tertentu, dimana kapal dalam kondisi planning, yang mana aliran yang terjadi telah terpisah dari chine dan transom, serta panjang daerah lunas yang basah lebih kecil daripada LWL, maka haluan akan mengalami pengangkatan. Selain itu pada kapal cepat bila dilihat dari bentuk konstruksi desainnya memiliki sudut deadrise (angle of deadrise). Menurut Savitsky bila gaya angkat mendekati nol, maka demikian pula sudut trim yang dibentuk, juga akan mendekati nol. Sehingga sudut trim memiliki fungsi yang serupa dengan sudut serang pada teori hidrodinamik. Lebih jauh bila gaya angkat menurun secara linear, maka akan meningkatkan sudut deadrise. Sehingga dapat diketahui bahwa sudut deadrise memiliki hubungan langsung dengan gaya angkat (lift). Pada Gambar 2.7, ditunjukkan letak dari sudut deadrise (β) suatu kapal cepat.



Gambar 2.6. Letak Sudut Deadrise (β) pada suatu kapal cepat.

Ketika terjadi kondisi sudut deadrise yang terbentuk sama dengan nol ($\beta = 0$), maka koefisien angkat dinyatakan dengan:

$$C_{l0} = \frac{\Delta / \rho}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot B_{px}^2}$$

Dimana :

- C_{l0} = Koefisien Angkat (Lift Coeficient)
- ρ = Massa Jenis Air Laut (Slug/Cu.Ft)
- V = Kecepatan Kapal (ft/sec)
- B_{px} = Maximum Chine Beam (ft)
- Δ = Displasemen (lb)

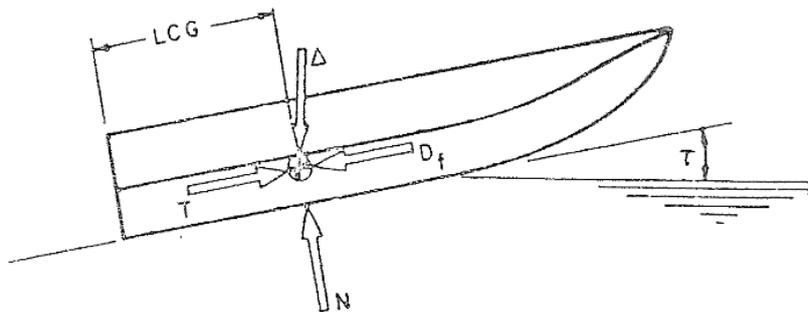
Sedangkan displasemen Volume dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

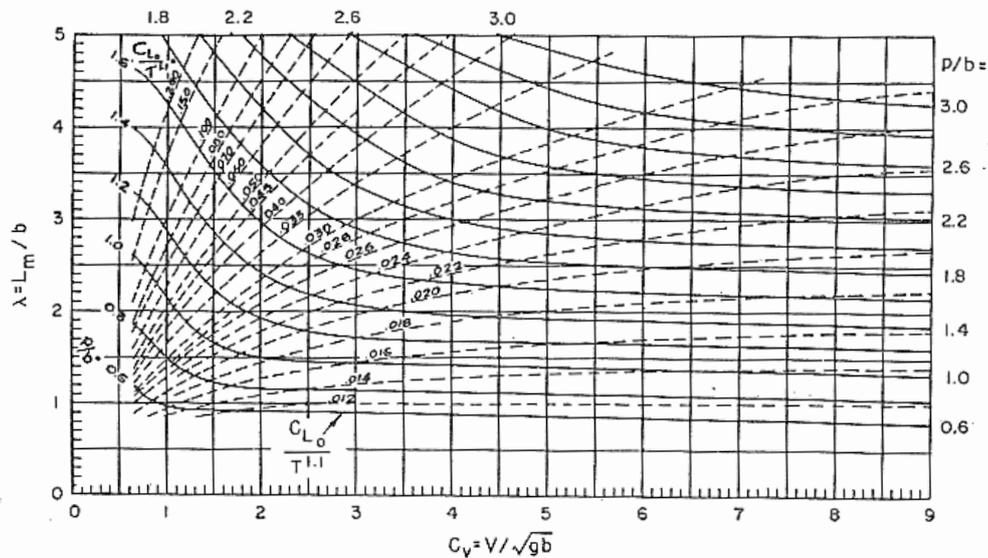
$$\nabla = L \cdot B \cdot T \cdot C_b$$

Dimana :

- L = Panjang Kapal (L_{wl} , m)
- B = Lebar Kapal (m)
- T = Tinggi Sarat (m)
- C_b = Koefisien Blok
- ∇ = Displasemen Volume (m^3)

Nilai λ yang merupakan nilai rata-rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal. Savitsky mengambil asumsi bentuk lambung yang prismatis (prismatic hull form). Asumsi ini membawa konsekuensi berupa nilai sudut *deadrise* merupakan angka yang konstan sepanjang lambung kapal. Sehingga penggunaan grafik *equilibrium planning* digunakan untuk mengetahui besarnya sudut trim (t) yang bekerja pada kapal.





Gambar 2.7. Grafik Equilibrium Planning Condition untuk $\beta = 0$ derajat .

Lebih lanjut Savitsky melakukan pendekatan untuk mengetahui nilai Bilangan Reynold dengan

$$Rnb = \frac{V1. \lambda . b}{\nu}$$

Dimana :

Rnb = Bilangan Reynold

λ = Nilai rata rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal

b = Maximum Chine Beam (m)

V1 = Kecepatan Kapal (m/s)

ν = Viskositas Air laut (m^2/s)

Penentuan koefisien tahanan gesek Savitsky menggunakan metode Schoenherr, memperkirakan bahwa koefisien tahanan gesek dinyatakan dengan:

$$Cf = \frac{1}{(3.5 \log Re - 5.96)^2}$$

Dimana :

Cf = Koefisien tahanan gesek

Sehingga Tahanan Total dinyatakan dengan:

$$RT = \Delta \tan \tau + \frac{\frac{1}{2} \rho V^2 \lambda b^2 C_{FO}}{\cos \tau \cos \beta}$$

Dimana :

RT = Tahanan Total (KN).

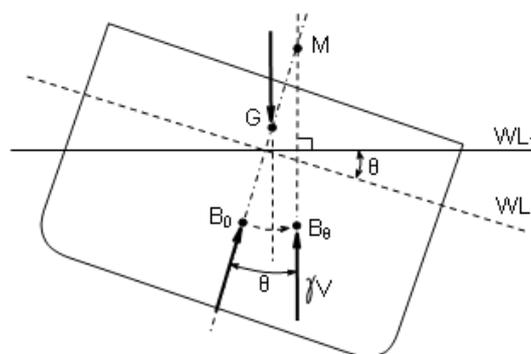
2.4. Teori Stabilitas Kapal

Kapal yang mengapung di air akan selalu mendapat pengaruh dari gelombang dan angin, untuk itu demi menjamin keselamatan kapal tersebut dalam pelayarannya harus mempunyai keseimbangan yang stabil atau stabilitas yang baik. Pada perhitungan stabilitas suatu kapal ada beberapa titik dari kapal yang harus diketahui (Rawson and Tupper, 1994), antara lain:

1. Titik G (*Gravity*) adalah titik berat dari kapal dan dipengaruhi oleh konstruksi kapal.
2. Titik B (*Buoyancy*) adalah titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup air.
3. Titik M (*Metacenter*) adalah titik perpotongan vektor gaya ke atas (γV) dengan vektor gaya tekan ke atas.

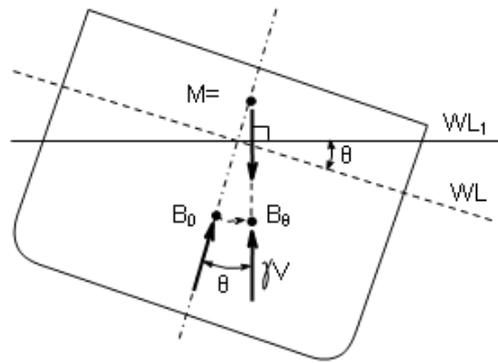
Untuk kapal dalam keadaan setimbang titik G dan B harus dalam satu garis vertikal. Apabila suatu kapal mendapat gaya-gaya dari luar akan menyebabkan kemiringan baik oleng maupun trim, dengan asumsi titik G tidak mengalami perubahan (muatan kapal tidak digeser/ ditambah/ dikurangi), maka titik B akan berpindah letaknya. Dilihat dari kedudukan titik berat kapal (G) terhadap tinggi *Metacenter* (M) maka akan diperoleh 3 kemungkinan:

1. Titik M berada di atas titik G. Pada kondisi ini MG berharga positif dan kapal dalam keadaan stabil.



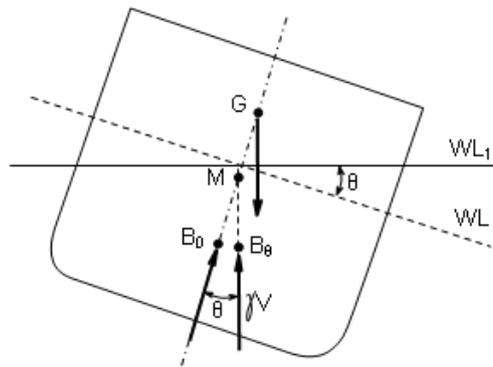
Gambar 2.8. Kapal dalam keadaan stabil

2. Titik M berhimpit dengan titik G. Pada kondisi ini MG sama dengan nol dan kapal dalam keseimbangan *indiferen*.



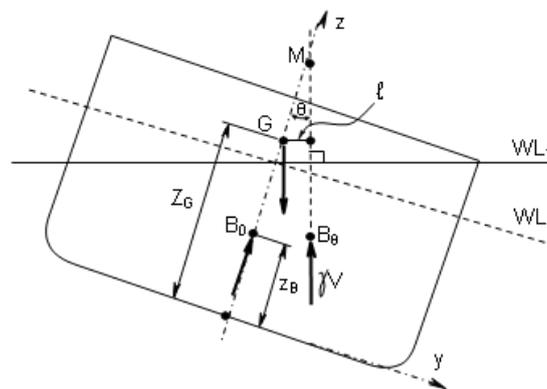
Gambar 2.9. Kapal dalam keadaan *indiferen*

3. Titik M berada dibawah titik G. Pada kondisi ini MG berharga negatif dan kapal dalam keseimbangan labil.



Gambar 2.10. Kapal dalam keadaan labil

Pada saat kapal oleng, titik B berpindah ke titik B_θ , vektor P ke bawah dan γV ke atas dan mempunyai jarak lengan sama dengan h .



Gambar 2.11. Gaya yang bekerja pada saat kapal oleng

Jadi titik G dan titik B_θ sudah tidak terletak pada satu garis vertikal terhadap garis air yang baru WL_1 maka kapal akan mendapat momen kapal (S) yang besarnya:

$$S = P \times \ell$$

Dimana:

P = Berat kapal dalam ton

γV = Displacement kapal dalam ton

h = lengan koppel dalam meter

$$= MG \sin \varphi$$

MG = Tinggi metacenter dalam meter

$$= MK - KG$$

$$= MB + KB - KG$$

Jadi untuk menghitung stabilitas suatu kapal selain harga P maka perlu diketahui harga KG, KB, dan MB. Perhitungan KG, KB dan MB dirumuskan sebagai berikut:

a. Letak titik berat kapal terhadap keel KG (Center of Gravity)

Titik berat ini sangat dipengaruhi bentuk konstruksi kapal, berat badan kapal dapat dicari dengan rumus pendekatan (Lloyd Register, 1964), yaitu:

$$KG = \frac{\text{jumlah momen tiap komponen berat terhadap keel}}{\text{jumlah berat tiap komponen}}$$

$$KG = \frac{\sum P \cdot h}{\sum P}$$

b. Perhitungan jarak titik tekan gaya ke atas terhadap keel KB (Center of Buoyancy).

Titik tekan gaya ke atas terhadap kapal sangat dipengaruhi oleh bentuk badan kapal dibawah permukaan air. Menurut Made dan Joswan (1982) untuk menghitung besarnya harga KB digunakan metode numerik khususnya metode Simpson.

Berikut dasar-dasar langkah perhitungan harga KB:

1. Membagi bagian badan kapal yang tercelup air menjadi beberapa bagian yang masing-masing jaraknya sama secara vertikal
2. Menghitung luasan garis air setiap garis air yang sudah dibagi sebelumnya
3. Mengintegalkan setiap luasan yang telah dibagi tadi secara vertikal ke seluruh badan kapal

c. Menghitung jari-jari Metacenter ke Buoyancy (MB)

Metacenter adalah titik-titik tangkap garis kerja gaya apung (buoyancy) pada saat kapal dalam kedudukan tegak dan pada saat kapal dalam keadaan oleng. Untuk menghitung jari-jari metasenter terlebih dahulu menghitung momen inersia melintang dari setiap garis air yang telah dibagi pada perhitungan KB. Selanjutnya

besarnya volume badan kapal yang tercelup air harus diketahui. Rumusan untuk mendapatkan jari-jari metasenter melintang kapal (untuk oleng) adalah:

$$BM = \frac{I}{V}$$

$$I = \int_0^L Y^3 dx$$

Sedangkan untuk mendapatkan jari-jari metasenter kapal (untuk trim) adalah:

$$M_L B = \frac{I_L}{V}$$

Dimana :

I = Momen inersia dalam garis air terhadap sumbu memanjang kapal yang melalui titik berat garis airnya (m^4)

I_L = Momen inersia dalam garis air terhadap sumbu melintang kapal yang melalui titik berat garis airnya (m^4)

V = Volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup ke dalam air (ton)

Langkah awalnya adalah menghitung momen inersia terhadap penampang tengah kapal (I_o) selanjutnya menghitung momen inersia terhadap sumbu yang melalui titik berat luas garis air (I_L)

$$I_L = I_o - (\phi F)^2 \cdot A$$

Dimana:

A = Luas garis air (m^2)

ϕF = Jarak titik berat garis air ke midship (m)