

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Longline

Nomura dan Yamazaki (1975) mengemukakan beberapa persyaratan teknis minimal dari kapal ikan yang berfungsi untuk operasi penangkapan, yakni :

1. Memiliki struktur badan kapal yang kuat
2. Menunjang keberhasilan operasi penangkapan
3. Memiliki stabilitas yang tinggi
4. Memiliki fasilitas penyimpanan hasil tangkapan ikan

Salah satu keistimewaan kapal ikan dibandingkan dengan kapal lainnya adalah memiliki kelaiklautan, dimana laiklaut berperan dalam operasi penangkapan ikan dan cukup tahan untuk menghadang terpaan angin, gelombang, stabilitas yang tinggi untuk menjamin keselamatan dalam pelayaran.

Kapal longline dibangun sesuai dengan konstruksi yang disesuaikan dengan bentuk, cara penggunaan alat tangkap dan daerah penangkapan dimana kapal tersebut akan dioperasikan. Kapal ini mudah dikenali dari bentuknya yang mirip kapal perang, ditandai dengan gudang tempat alat tangkap di bagian buritan, mempunyai dek bawah di bagian depan dari bagian tengah (Simorangkir 1993 diacu dalam Ardani 1995).

Inamura (1968) menyatakan perbandingan nilai dimensi kapal yang dapat mempengaruhi karakteristik bentuk kapal itu sendiri seperti :

1. Nilai rasio L/B berpengaruh terhadap tahanan gerak kapal, semakin kecil nilai rasio ini akan berakibat buruk terhadap kecepatan
2. Nilai rasio L/D berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal, semakin besar nilai rasio ini mengakibatkan kekuatan memanjang akan melemah
3. Nilai rasio B/D berpengaruh terhadap stabilitas kapal, semakin besar nilai rasio ini mengakibatkan stabilitas kapal lebih baik tetapi *propulsive ability*nya akan memburuk.

Tabel 1 di bawah ini menjelaskan nilai kisaran koefisien bentuk (*coefficient of fineness*) yang dapat digunakan menjadi pedoman dalam pembangunan kapal longline yang di kemukakan Inamura (1968).

Tabel.1 Nilai acuan *coefficient of finenes* kapal longline

Coefficient of Finenes	Nilai Acuan
Cb	0,61 – 0,72
Cp	0,65 – 0,75
C \otimes	0,88 – 0,98
Cw	0,83 – 0,90
Cvp	0,84 – 0,96

Sumber Inamura (1968), dikutip Ayodhya (1972).

Lebih lanjut Fyson (1985) menjelaskan, bahwa untuk pembangunan kapal dibutuhkan suatu kurva dimana nilai dari berbagai data *hidrostatik* digambarkan sebagai fungsi dari draft kapal, kurva ini biasanya disebut dengan kurva *hidrostatik*. Kurva ini mengindikasikan beberapa parameter penting untuk perhitungan yang terkait dengan kondisi muatan dan stabilitas sebuah kapal.

2.1.1 Stabilitas kapal

Stabilitas kapal diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami gaya, baik gaya dari luar maupun gaya dari dalam kapal itu sendiri yang menyebabkan kapal mengalami oleng. Stabilitas kapal yang baik merupakan salah satu syarat penting bagi kapal dalam menunjang keberhasilan operasi penangkapan ikan yang dilakukannya.

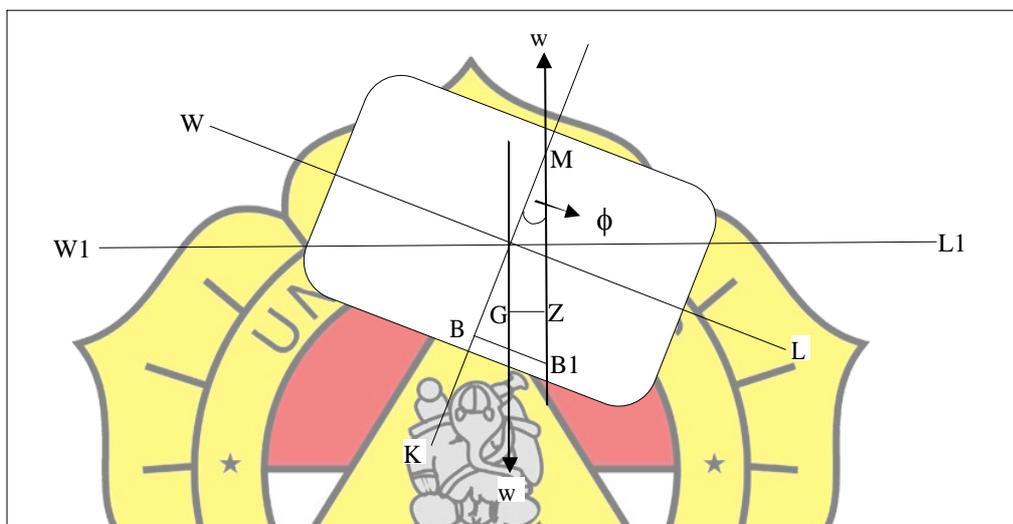
Stabilitas kapal dibagi dalam stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas statis (*statical stability*) adalah stabilitas kapal yang diukur pada kondisi air tenang (kapal tidak mengalami pengaruh dari luar seperti angin dan gelombang) dengan beberapa sudut keolengan pada nilai *ton displacement* yang berbeda. Nilai stabilitas statis kapal ditunjukkan oleh nilai lengan penegak (GZ).

Stabilitas dinamis (*dynamic stability*) adalah stabilitas kapal yang diukur dengan jalan memberikan suatu “usaha” pada kapal sehingga membentuk sudut keolengan tertentu (Hind 1982).

Taylor (1977) dan Hind (1982) menyatakan stabilitas pada sebuah kapal dipengaruhi oleh titik-titik konsentrasi dari gaya-gaya yang bekerja pada kapal. Titik pertama adalah titik apung B (*center of buoyancy*) yakni titik khayal yang merupakan pusat seluruh gaya apung pada kapal yang bekerja secara vertikal ke atas. Titik kedua adalah titik berat G (*center of gravity*), yakni titik khayal yang

merupakan pusat seluruh gaya berat pada kapal yang bekerja secara vertikal ke bawah.

Titik ketiga adalah titik M (*metacenter*) yakni titik khayal yang merupakan titik potong yang melalui titik apung B dan titik berat G saat berada pada posisi tegak dengan garis khayal yang melalui ke dua titik tersebut pada saat kapal berada pada posisi miring akibat bekerjanya gaya-gaya pada kapal. Titik M juga merupakan titik tertinggi maksimum bagi titik G. Posisi titik berat G, titik apung B dan titik M tersebut diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi titik G, B dan M pada midship kapal (Hind, 1982).

Nomura dan Yamazaki (1975) menyatakan bahwa syarat penting yang harus dipenuhi supaya kapal tetap dalam keadaan seimbang didalam air adalah titik apung B harus terletak pada satu garis lurus dengan titik berat G dan titik berat G harus berada di bawah titik *metacenter*, selanjutnya Hind (1982) mengemukakan posisi titik berat G bergantung pada distribusi muatan dan posisi titik apung B bergantung pada bentuk geometri badan kapal yang terendam di dalam air.

Keseimbangan sebuah kapal yang berada dalam air pada dasarnya terdiri dari tiga jenis, yaitu: (1) keseimbangan stabil (*stable equilibrium*), (2) keseimbangan tidak stabil (*unstable equilibrium*) dan (3) keseimbangan netral (*neural equilibrium*). Ketiga kondisi tersebut dipengaruhi oleh kondisi gaya yang bekerja pada kapal, baik itu gaya apung maupun gaya berat yang bekerja dengan arah yang berlawanan.

- (1) Keseimbangan stabil (*stable equilibrium*) adalah kondisi keseimbangan sebuah kapal dimana kapal kembali ke posisi tegak setelah gaya yang bekerja pada kapal menyebabkan kapal menjadi miring. Kondisi ini dapat terjadi apabila titik pusat gravitasi (G) berada dibawah titik metasenter (M) atau kapal memiliki metasenter positif dan lengan penegak (GZ) positif juga, yang dapat mengembalikan kapal ke posisi semula.
- (2) Keseimbangan tidak stabil (*unstable equilibrium*) adalah suatu kondisi keseimbangan sebuah kapal dimana kapal menjadi miring akibat gaya yang bekerja pada kapal sehingga kapal tidak kembali ke posisi awalnya melainkan terus kearah kemiringan tersebut. Hal ini dapat terjadi apabila titik pusat gravitasi (G) lebih tinggi dari titik metasenter (M) atau kapal memiliki tinggi metasenter (GM) negatif dan lengan penegak (GZ) negatif yang meneruskan gerak ke arah keolengan kapal.
- (3) Keseimbangan netral (*neural equilibrium*) adalah suatu kondisi keseimbangan sebuah kapal dimana kapal menjadi miring akibat gaya yang bekerja pada kapal dan kondisi ini tetap demikian. Pada kondisi ini lengan penegak GZ tidak dihasilkan. Kapal tidak kembali keposisi semula dan tidak juga terus ke arah kemiringannya. Kondisi ini terjadi apabila titik pusat gravitasi (G) dan metasenter (M) berhimpit dalam satu titik. Kemiringan yang tetap ini dinamakan *list*.

Dalam kaitan dengan kecepatan kapal, Fyson (1985), mengemukakan bahwa panjang kapal berbanding terbalik dengan kecepatan kapal. Hal ini diformulasikan dengan bilangan *Froude* kapal yaitu

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g.L}}$$

dimana v = kecepatan kapal (m/det)

L = Panjang Kapal (m)

Untuk kapal ikan bilangan *Froude* antara 0.30 – 0.36

Menurut Kok *et al* (1983), selama kapal berada di laut akan mendapat sejumlah gaya yang terdiri dari :

1. Berat kapal dan muatan
2. Gaya tekan ke atas

3. Pengaruh gelombang dan tekanan air
4. Gaya-gaya dari massa yang bekerja pada kapal
5. Pembagian muatan asimetris
6. Gaya-gaya *torsi* yang disebabkan oleh tidak samanya waktu oleng bagian depan dan bagian belakang
7. Gaya-gaya beban kemudi

Hind (1982) menyatakan ada beberapa persyaratan agar kapal berada pada posisi keseimbangan, yaitu :

1. Besarnya gaya apung sama dengan besarnya gaya berat kapal
2. Pusat gaya apung terletak pada satu garis lurus dengan pusat gaya berat kapal
3. Titik berat kapal (G) harus berada di bawah titik metasenter (M)

2.1.2 Kurva stabilitas GZ

Fyson (1985) menjelaskan bahwa pembahasan mengenai stabilitas kapal terkait erat dengan perhitungan nilai GZ (lengan pengembali/kopel) pada kapal. Hal ini merupakan bagian yang sangat penting dalam penentuan stabilitas kapal.

Rawson dan Tupper (1983) menjelaskan, untuk aplikasi praktis, adalah perlu untuk menyajikan stabilitas dalam bentuk momen pengembali/kopel yang dihasilkan dari titik pusat gravitasi pada saat kapal menjadi miring dengan perubahan berat yang konstan, yang biasanya disajikan dalam bentuk kurva stabilitas GZ.

Fyson (1985) menambahkan bahwa syarat untuk kestabilan sebuah kapal sangat terkait erat dengan pembahasan tentang kurva stabilitas GZ, dalam arti pencegahan air masuk ke dalam kapal. Kurva ini menunjukkan hubungan antara lengan pengembali (GZ) pada berbagai variasi sudut kemiringan dengan perubahan berat yang konstan (*constan displacement*).

Perhitungan nilai lengan penegak (GZ) dan distribusi muatan terkait erat dengan stabilitas sebuah kapal. Perbedaan distribusi muatan yang terjadi pada setiap kondisi pemuatan akan mengakibatkan terjadinya perubahan nilai KG, yaitu jarak vertikal antara titik K (*keel*) dengan titik berat G yang selanjutnya akan mempengaruhi lengan penegak (GZ). Selain itu Belenky (1993) menyatakan nilai-

nilai yang berpengaruh terhadap keselamatan kapal adalah GM kapal, *vanishing angle* dan stabilitas dinamis.

Rawson dan Tupper (1983) memberikan penjelasan tentang kurva GZ yang meliputi :

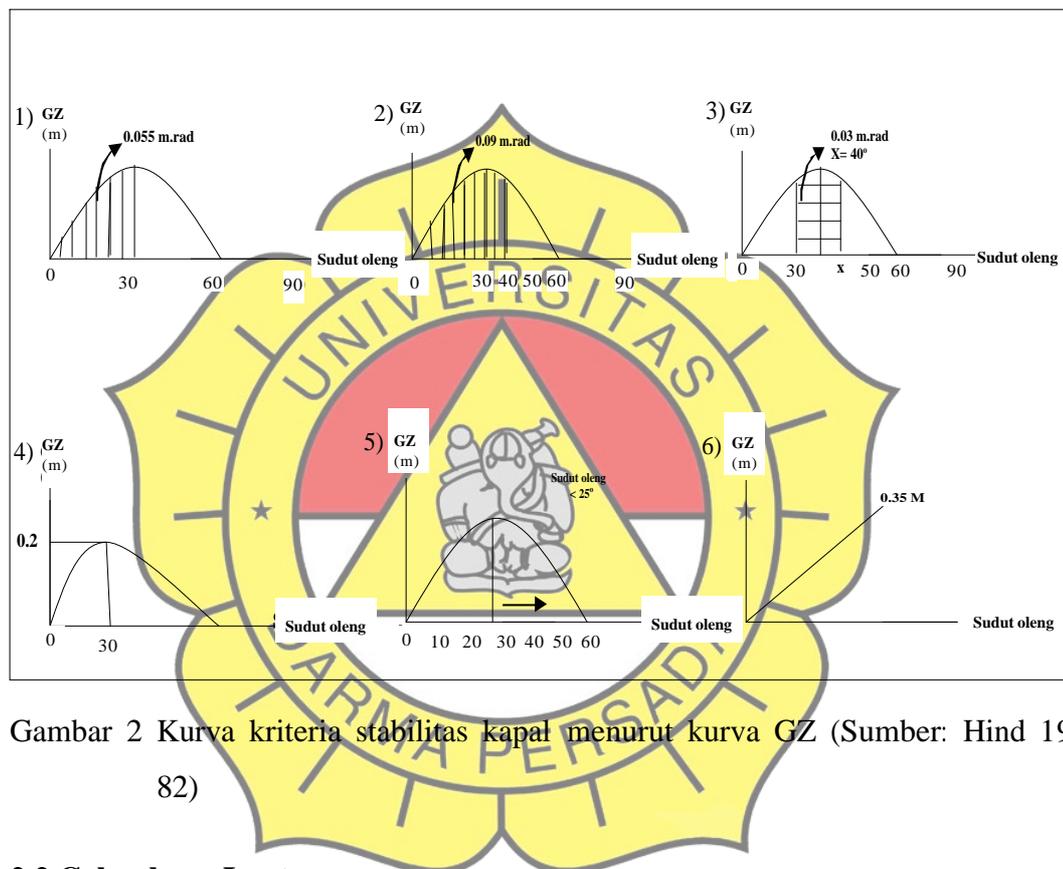
1. Kemiringan pada titik awal. Nilai lengan pengembali untuk sudut kemiringan yang kecil adalah proporsional terhadap sudut kemiringan. Nilai tangent GZ pada titik ini menggambarkan tinggi *metacenter*.
2. Nilai maksimum GZ, nilainya proporsional dengan momen terbesar yang menyebabkan sudut kemiringan maksimum dimana kapal tidak tenggelam
3. Selang stabilitas (*range of stability*), yaitu selang dimana nilai GZ adalah positif. Biasanya berada pada selang sudut oleng antara 0° sampai 90°
4. Sudut kemiringan pinggir dek kapal. Untuk sebagian besar bentuk kapal, terdapat sebuah titik perubahan pada kurva dimana kurva berubah secara drastis pada sudut dimana bagian pinggir dek menjadi miring
5. Area di bawah kurva. Area ini menggambarkan kemampuan kapal untuk menyerap energi yang diberikan oleh angin, gelombang dan gaya eksternal lainnya.

2.1.3 Kriteria stabilitas

Berbagai standar yang digunakan untuk menilai kelayakan kapal telah ditentukan oleh sebuah organisasi internasional di bawah organisasi dunia PBB yaitu *International Maritime Organization* (IMO). IMO mendeklarasikan *Torremolinos International Convention for The Safety of Fishibg Vessel – regulation 28* (1977) menetapkan kriteria stabilitas kapal dengan kurva tabilita GZ, yaitu :

1. Luasan area di bawah kurva stabilitas GZ dari sudut oleng 0° sampai sudut oleng 30° tidak boleh kurang dari 0.055m.rad
2. Luasan area di bawah kurva stabilitas GZ dari sudut oleng 0° sampai sudut oleng x (40°) tidak boleh kurang dari 0.09m.rad
3. Luasan area antara sudut oleng 30° sampai sudut oleng x tidak boleh kurang dari 0.03m.rad , dimana nilai x adalah 40° atau kurang sampai batas minimum air dapat masuk ke badan kapal

4. Nilai maksimum GZ sebaiknya dicapai pada sudut oleng tidak kurang dari 30° dan bernilai minimum 0.20m
5. Sudut oleng maksimum stabilitas sebaiknya lebih dari 25°
6. Nilai *metacentre* awal (GM) tidak boleh kurang dari 0.35m untuk kapal dengan dek tunggal. Pada kapal dengan *superstructure* yang lengkap atau panjang kapal $> 70\text{m}$, GM dapat dikurangi untuk kelayakan administrasi tetapi tidak boleh kurang dari 0.15m. Kriteria stabilitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kurva kriteria stabilitas kapal menurut kurva GZ (Sumber: Hind 19 82)

2.2 Gelombang Laut

Menurut IIPEN (1976) dan McLELAN (1975) gelombang terjadi pada batas dua media yang berlainan, misalnya pada batas air dan udara yang disebut gelombang permukaan (*surface wave*), sedangkan gelombang yang terjadi pada batas antara dua media air yang berlainan densitasnya disebut gelombang bawah permukaan (*internal wave*). Gelombang permukaan disebabkan karena adanya pengaruh angin.

Stabilitas operasional kapal banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan laut, dimana gelombang laut adalah faktor beban luar yang paling dominan. Gelombang terdiri dari dua jenis yaitu gelombang yang karakteristiknya selalu tetap disebut gelombang beraturan (*regular*) dan gelombang yang karakteristiknya

selalu berubah-ubah disebut gelombang tidak beraturan (*irreguler*) (Djarmiko dan Murdijanto 1993). Gelombang dilaut umumnya adalah gelombang tidak beraturan (*irreguler*).

Llyod (1989), menyatakan penggunaan statistik memungkinkan untuk mempelajari tingkah laku gelombang di laut yang dapat juga menerangkan karakteristik gerakan sebuah kapal. Gelombang didefinisikan sebagai perubahan bentuk permukaan laut karena gerakan permukaan air.

Gelombang umumnya menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti-hentinya pada permukaan laut dan jarang dalam keadaan diam sama sekali. Hembusan angin sepoi-sepoi pada cuaca yang tenang sekalipun sudah cukup untuk dapat menimbulkan riak gelombang. Sebaliknya dalam keadaan dimana terjadi badai yang besar dapat menimbulkan suatu gelombang besar yang dapat mengakibatkan suatu kerusakan hebat pada kapal-kapal.

Seperti benda padat, air laut juga memiliki gerak *translasi*, *rotasi* dan *osilasi* (Battacharya 1978). Gerakan *translasi* terjadi ketika air mengalir, gerakan *rotasi* terjadi pada pusaran air dan gerakan *osilasi* merupakan penyimpangan bentuk dari aliran air tersebut. Penyimpangan bentuk pada aliran air tersebut dikenal sebagai gelombang perairan. Secara ideal gelombang perairan merupakan sebuah kurva *sinusoidal*. Karakteristik gelombang tersebut menurut Llyod (1989) berdasarkan Gambar 3 adalah sebagai berikut :

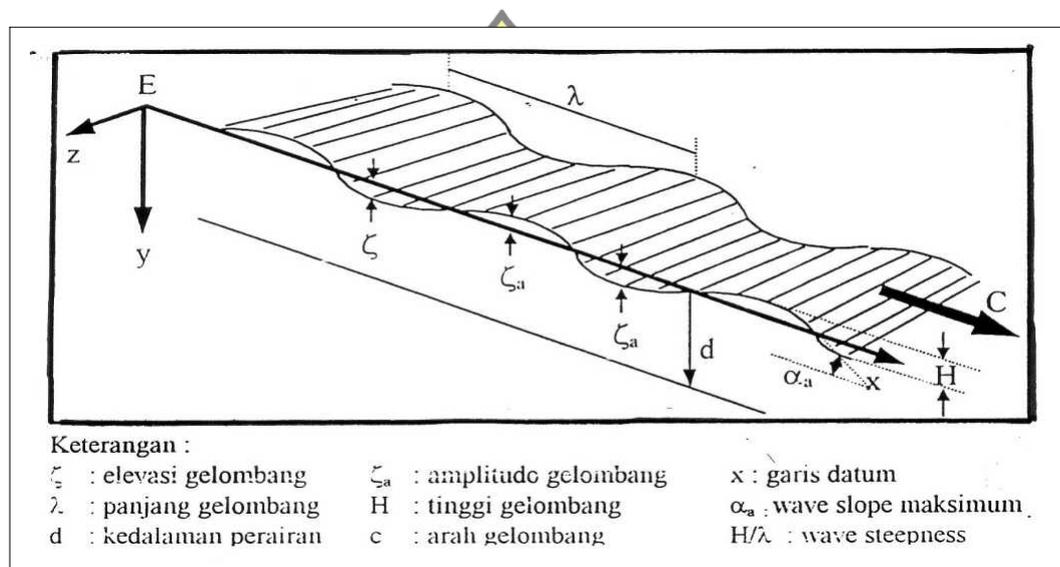
1. Puncak gelombang (*crest*) adalah titik pada permukaan air yang berada pada *elevasi* tertinggi
2. Lembah gelombang (*trough*) adalah titik pada permukaan air yang berada pada elevasi terendah
3. Garis datum (x) adalah garis datar permukaan air (diambil secara statistik), pada waktu air tenang
4. *Elevasi* gelombang (ζ) adalah jarak suatu titik pada permukaan gelombang dari garis datum, pada waktu tertentu.
5. Amplitudo gelombang (ζ_a) adalah jarak vertikal antara titik tertinggi (puncak) atau titik terendah (lembah) dengan garis datum
6. Panjang Gelombang (λ) adalah jarak dari suatu puncak gelombang dengan puncak gelombang berikutnya

7. Frekwensi gelombang (ω) adalah banyaknya puncak atau lembah gelombang yang dilalui oleh suatu titik persatuan waktu.

Menurut Yamanouchi (1986) diacu dalam Iskandar B.H dan N. Umeda (2001) bahwa durasi gelombang laut aktual berkisar 1200 detik (20 menit). Pada waktu 1200 detik tersebut gerakan gelombang sudah dianggap stabil. Waktu durasi itu berlaku

untuk gelombang reguler dan ireguler.

Heading pada kapal didefinisikan sebagai referensi untuk menunjukkan gaya pada perambatan gelombang (Lloyd 1989).



Gambar 3. Karakteristik gelombang reguler (Lloyd (1989)).

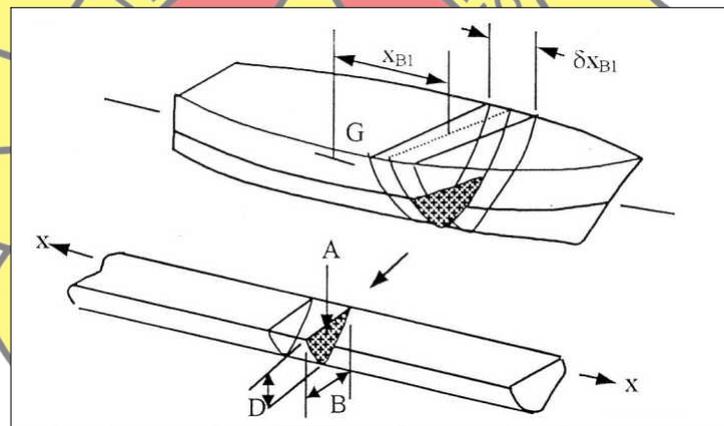
2.3 Teori Strip

Metode strip umumnya dipakai untuk memprediksi bentuk *seakeeping* kapal di laut, seperti halnya gerakan kapal, beban gelombang dan bertambahnya tahanan kapal pada gelombang. Metode strip secara luas digunakan sebagai sebuah metode prediksi, hal ini karena metode tersebut sesuai dengan pengukuran. Meskipun pada teori ini terdapat hal yang tidak konsisten jika dilihat dari sudut pandang secara teoritis (Kashiwagi M 1999).

Perhitungan gerakan kapal yang dilakukan dengan menggunakan teori strip harus memenuhi syarat – syarat yang antara lain (Gerirtsm and Beukelman,(1967) vide Lloyd (1989):

1. Badan kapal adalah *slender* yaitu dimana panjang kapal jauh lebih besar dari pada lebar dan saratnya, dan lebar kapal kecil dari pada panjang gelombang.
2. Badan kapal adalah *rigid*, sehingga tidak terjadi tekukan (*defleksi*) bila tidak terjadi gaya angkat yang cukup.
3. Kapal memiliki kecepatan sedang, sehingga tidak terjadi gaya angkat yang cukup besar.
4. Gerakan kapal yang terjadi adalah kecil.
5. Potongan melintang badan kapal adalah *wall sided* (tidak melengkung).
6. Kedalaman perairan lebih besar dibandingkan panjang gelombang, sehingga perkiraan gelombang di perairan yang dalam dapat diterapkan.
7. Bentuk badan kapal tidak berpengaruh terhadap gelombang (sesuai dengan hipotesis Froude Krylov)

Teori strip ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi dari bentuk *hull* yang berada di bawah air yang berbentuk strip seperti yang ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk trip dari bagian hull yang berada di bawah air dengan menggunakan infinitif silinder .

Setiap strip menjelaskan tentang bentuk hidrodinamika seperti *added mass*, *damping* dan *stiffnes* yang menghasilkan koefisien untuk bentuk *hull* yang lengkap pada persamaan untuk gerakan. Teori strip mengasumsikan bahwa bentuk hidrodinamika lokal adalah sama jika bagian dari strip merupakan infinit silinder panjang dari bentuk *cross-sectional* yang sama.