

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak lurus setelah mengalami oleng akibat gaya luar. Gaya luar yang dimaksud seperti, angin, gelombang, penambahan gaya akibat kegiatan penangkapan ikan, muatan yang dikeluarkan dari kapal dan lain sebagainya. Pada kapal besar, biasanya stabilitas memanjang tidak terlalu perlu untuk diperhitungkan karena biasanya dianggap cukup besar. Namun yang paling perlu mendapat perhatian pada waktu merencanakan kapal adalah stabilitas melintangnya. Stabilitas pada sudut oleng sekitar <6 derajat dapat disebut sebagai stabilitas awal. Stabilitas yang biasanya perlu untuk dilakukan perhitungan adalah pada sudut oleng 10 – 15 derajat.

Stabilitas sangat erat hubungannya dengan beberapa hal berikut, yaitu bentuk kapal, muatan, *draft*, dan ukuran dari nilai *GM*. Posisi *M* (*Metasentrum*) hampir tetap sesuai dengan bentuk kapal, pusat *buoyancy B* (*Bouyancy*) digerakkan oleh *draft* sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik *M* (*Metasentrum*) adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi *M* (*Metasentrum*) bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas.

Kaitannya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal. Ukuran-ukuran pokok yang menjadi dasar dari pengukuran kapal adalah panjang (*length*), lebar (*breadth*), tinggi (*depth*) serta sarat (*draft*).

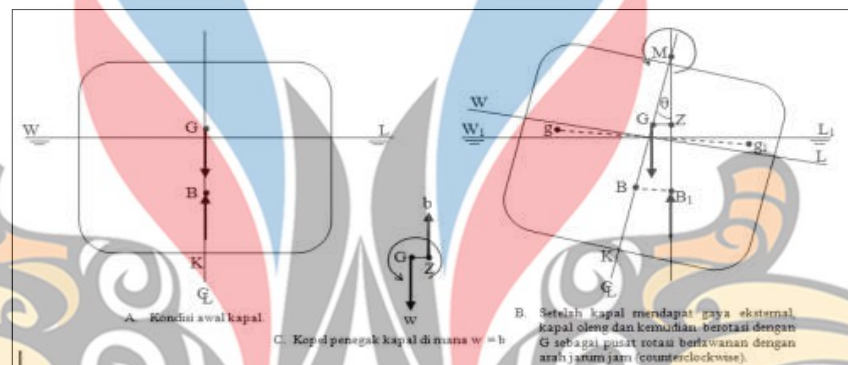
Sedangkan untuk dimensi ukuran panjang di dalam pengukuran kapal dikenal beberapa istilah yang umum digunakan dalam baik perhitungan maupun kegiatan lapangan seperti *LOA* (*Length Over All*), *LBP* (*Length Between Perpendicular*) dan *LWL* (*Length Water Line*).

2.2. Macam Macam Keadaan Stabilitas

Pada dasarnya macam macam keadaan stabilitas pada kapal terbagi menjadi 3 jenis stabilitas, yaitu stabilitas positif (*stable equilibrium*), stabilitas negatif (*unstable equilibrium*), dan stabilitas netral (*neutral equilibrium*).

2.2.1. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

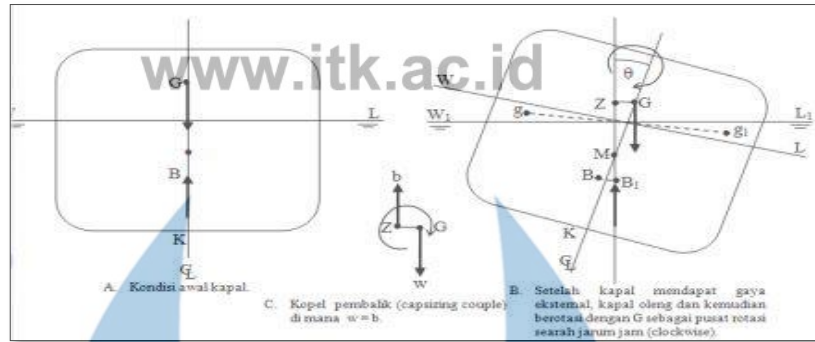
Stabilitas positif adalah suatu keadaan dimana titik G-nya berada dibawah titik M, pada kondisi stabilitas ini, apabila kapal mengalami oleng atau miring, kapal dapat kembali tegak atau kembali pada posisi awal.



Gambar 2.1. kondisi stabilitas stabil.

2.2.3. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

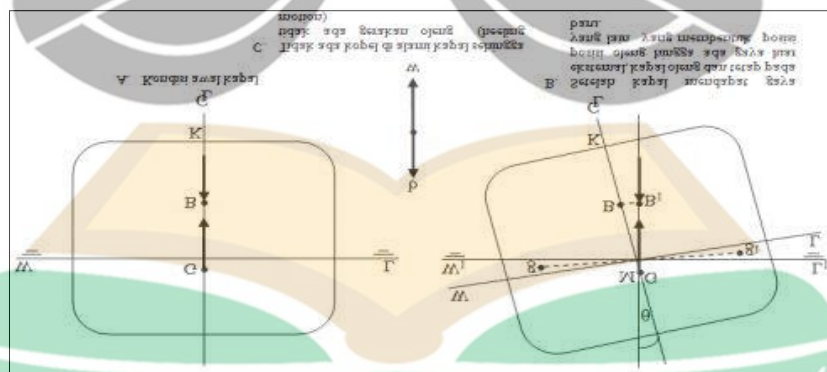
Stabilitas negatif adalah suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, kapal yang mengalami kondisi stabilitas ini ketika pengaruh gaya luar dihilangkan maka kapal tidak akan dapat kembali ke posisi awal (tegak) akan tetapi akan bergerak menjauhi posisi awal bahkan kapal dapat terbalik, selain itu titik berat kapal pada posisi yang baru letaknya berubah semakin menjauh dari titik berat pada posisi awal. Pada kondisi stabilitas ini, apabila kapal menerima gaya atau gangguan dari luar, maka akan muncul momen penerus yang menyebabkan kapal akan semakin miring dari posisi awal. Seperti yang tampak pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2. kondisi stabilitas negatif

2.2.3. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Stabilitas netral adalah suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M sehingga momen penegak dan momen kopel yang di hasilkan adalah hampir tidak ada atau bahkan nol, apabila pengaruh atau gaya dari luar dihilangkan, maka kapal tidak dapat kembali ke posisi tegak (posisi awal) namun tetap pada posisi miring yang baru. Pada kondisi keseimbangan ini, akan terbentuk titik berat yang baru yang tingginya sama dengan titik berat awal sebelum adanya pengaruh gaya dari luar. Penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal, seperti yang tampak pada gambar 2.3. berikut.



Gambar 2.3. kondisi stabilitas netral

2.3. Titik Titik Dalam Perhitungan Stabilitas

Menurut Hind (1967), titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik berat (G), titik apung (B) dan titik M.

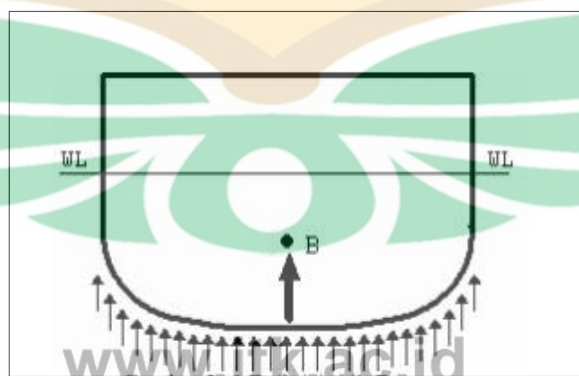
2.3.1. Titik Berat (*Centre of Gravity*)

Titik berat (*center of gravity*) atau disebut juga dengan dengan titik G, merupakan titik tangkap resultan dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Titik G dapat kita ketahui apabila seluruh bobot dikapal telah ditinjau, makin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas maka makin tinggilah letak titik G nya.

Secara definisi titik berat (G) ialah titik tangkap dari semua gaya – gaya yang bekerja kebawah. Letak titik G pada kapal kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas. Perlu diketahui bahwa, letak titik G tergantung dari penyebaran bobot atau berat dikapal. Jadi selama tidak ada berat yang di geser, titik G tidak akan berubah walaupun kapal oleng atau mengangguk. Arah bekerja gaya pada titik ini adalah kebawah.

2.3.2. Titik Apung (*Centre of Buoyance*)

Titik apung (*center of buoyance*) atau sering disebut dengan dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam didalam air. Titik ini tidak bersifat tetap, namun berubah ubah tergantung pada adanya perubahan sarat kapal. Dalam stabilitas kapal, titik B inilah yang menyebabkan kapal mampu untuk tegak kembali setelah mengalami oleng atau miring. Letak titik B tergantung dari besarnya kemiringan kapal (bila kemiringan berubah maka letak titik B akan berubah / berpindah. apabila kapal miring, titik B akan berpindah kesisi yang rendah. Seperti yang tampak pada gambar 2.4. berikut.



Gambar 2.4. letak titik *Bouyency*

2.3.2. Titik Metasentris

Titik metasentris atau sering disebut dengan titik M kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Meta artinya berubah-ubah, jadi titik metasentris dapat berubah letaknya dan tergantung dari besarnya sudut miring.

Untuk sudut kemiringan yang kecil kedudukan titik M dianggap tetap, walaupun sebenarnya kedudukan titik itu berubah-ubah sesuai dengan arah dan besarnya kemiringan sudut. Oleh karena perubahan letak yang sangat kecil, maka dianggap tetap. Dengan berpindahnya kedudukan titik tekan sebuah kapal sebagai akibat miringnya kapal tersebut akan berakibat pada kemampuan kapal untuk kembali ke posisi awal (tegak). Besar kecilnya kemampuan suatu kapal untuk menegak kembali merupakan ukuran besar kecilnya stabilitas kapal itu. Jadi dengan berpindah-pindahnya kedudukan titik tekan sebuah kapal sebagai akibat dari olengnya kapal tersebut akan membawa akibat berubah-ubahnya stabilitas kapal tersebut. Dengan berpindahnya kedudukan titik tekan B dari kedudukannya semula yang tegak lurus dibawah titik berat G itu akan menyebabkan terjadinya sepasang koppel, yakni dua gaya yang sama besarnya tetapi dengan arah yang berlawanan, yang satu merupakan gaya berat kapal itu sendiri sedang yang lainnya adalah gaya tekanan keatas yang merupakan resultan gaya tekanan keatas yang bekerja pada bagian kapal yang berada didalam air yang titik tangkapnya adalah titik tekan. Dengan terbentuknya sepasang koppel tersebut akan terjadi momen yang besarnya sama dengan berat kapal dikalikan jarak antara gaya berat kapal dan gaya tekanan keatas.

2.4. Dimensi Pokok Dalam Stabilitas Kapal

Dalam stabilitas kapal, terdapat beberapa dimensi pokok, yaitu:

2.4.1. KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM adalah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), nilai KM dapat dicari dengan rumus :

$$KM = KB + BM$$

www.itk.ac.id

2.4.2. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Letak dari titik B di diukur dari lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau kemiringan kapal. menurut Rubianto 1996 nilai dari titik KB dapat dicari dengan persamaan berikut:

- Untuk kapal tipe plat bottom, $KB = 0,50d$
- Untuk kapal tipe V bottom, $KB = 0,67d$
- Untuk kapal tipe U bottom, $KB = 0,53d$

dimana $d = draft$ kapal.

Dari diagram metasentris atau lengkung hidrostatik, dimana nilai KB dapat dicari pada setiap sarat kapal saat itu. (Wakidjo, 1972).

2.4.3. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

BM disebut juga sebagai jari-jari metasentris atau *metacentris radius* karena bila kapal mengoleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil (sekitar 10 – 15 derajat). Menurut Rubianto 1996, nilai BM dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$BM = b^2/10d ,$$

dimana : $b = lebar$ kapal (m) dan $d = draft$ kapal (m).

2.4.4. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity (VCG)* lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG.

www.itk.ac.id

$$KG \text{ total} = \frac{\sum M}{\sum W} \quad \text{www.itk.ac.id}$$

Dimana $\sum M$ adalah jumlah momen, dan nilai $\sum W$ adalah jumlah perkalian titik berat dengan bobot benda.

2.4.5. GM (Tinggi Metasentris)

Tinggi metasentris atau *metacentris high (GM)* yaitu jarak tegak antara titik G dan titik M.

Dari rumus disebutkan :

$$GM = KM - KG$$

$$GM = (KB + BM) - KG$$

Nilai GM inilah yang menunjukkan keadaan stabilitas awal kapal atau keadaan stabilitas kapal selama pelayaran nanti.

2.4.6. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi.

Pada waktu kapal miring, maka titik B pindah ke B1, sehingga garis gaya berat bekerja ke bawah melalui G dan gaya keatas melalui B1. Titik M merupakan busur dari gaya-gaya tersebut. Bila dari titik G ditarik garis tegak lurus ke B1M maka berhimpit dengan sebuah titik Z. Garis GZ inilah yang disebut dengan lengan penegak (*righting arms*). Seberapa besar kemampuan kapal tersebut untuk menegak kembali diperlukan momen penegak (*righting moment*). Pada waktu kapal dalam keadaan miring maka displasemennya tidak berubah, yang berubah hanyalah faktor dari momen penegaknya. Jadi artinya nilai GZ nyalah yang berubah karena nilai momen penegak sebanding dengan besar kecilnya nilai GZ, sehingga GZ dapat dipergunakan untuk menandai besar kecilnya stabilitas kapal.

Untuk menghitung nilai GZ sebagai berikut:

$$\sin \gamma = GZ/GM \quad \text{www.itk.ac.id}$$

$$GZ = GM \times \sin \gamma$$

Moment penegak = $W \times GZ$

www.itk.ac.id

2.4.7. Periode Olang (*Rolling Period*)

Periode olang adalah waktu yang dibutuhkan oleh kapal untuk melakukan satu kali gerakan olang secara utuh, maksudnya adalah waktu yang dibutuhkan mulai dari kapal tegak, miring ke kiri, kembali tegak, miring ke kanan, hingga tegak kembali, biasanya disebut sebagai satu periode olang. Menurut wakidjo 1972, periode olang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_r = 75 / MG^{0.5}$$

2.5. Bilga Keel

Bilge keel merupakan alat untuk menahan gerak olang kapal dimana fungsinya sebagai alat penambah stabilitas kapal. Pemasangan *bilge keel* harus ditempatkan sejauh mungkin dari sumbu olang dan mengarah kearah atau sejajar sumbu tersebut. *bilge keel* ini biasanya dipasang hanya pada 1/2 L atau 1/3 L bagian tengah kapal dan ditempatkan pada bagian *bilge keel* sejauh *pararel midel body*. Ujung depan dan belakang *bilge keel* harus berbentuk miring sebaik mungkin agar kotoran dan tali-menali tidak tersangkut.

Pada umumnya lunas bilga diletakan pada daerah midship sampai sepertiga panjang kapal. Pemasangan lunas bilga yang terlalu jauh dibagian depan kapal dapat mempengaruhi gerakan *pitch*. Efektivitas dari pemasangan lunas bilga mencapai titik maksimum ketika kapal dalam keadaan diam atau pada kecepatan yang sangat rendah. Pada saat kecepatan kapal mulai bertambah, *hull damping* juga meningkat dan peningkatan tersebut mungkin melebihi *roll damping* yang didapat dari pemasangan lunas bilga.

Pemasangan *bilge keel* yaitu pada kedua sisi lambung kapal bertujuan juga untuk mengurangi atau meredam waktu *rolling* kapal, *Bilge keel* merupakan sebuah konstruksi tetap yang terpasang pada kapal yang hampir tegak lurus terhadap lambung kapal sebagai alat untuk menstabilkan kapal dari gerakan *rolling* (Bhattacharyya 1978). Menurut Gachet dan Kherian (2008) pada studi sensitivitas mengenai *bilge keel*, diperoleh bahwa *bilge keel* efisien dalam mengurangi gerakan *rolling motion* pada kapal. Penggunaan 2 *bilge keel* mampu

mengurangi goyang angguk kapal sebesar 20% di laut yang tak beraturan akibat angin yang kecepatannya 24 knot. Di lautan yang lebih hebat golakannya akibat angin 40 knot, pengurangan goyang angguk itu masih sebesar 13% (Lewis dan Brien 1983). Selain itu penggunaan *bilge keel* dapat menunjang stabilitas kapal dan dapat mengurangi risiko terbaliknya kapal pada saat melakukan olah gerak.

Agar *bilge keel* dapat berfungsi dengan baik, maka pemasangan *bilge keel* haruslah tepat dan benar. Yaitu tepat pada perpotongan garis diagonal, antara perpotongan garis lambung dengan perpanjangan luas dgn perpotongan antara garis air dengan bidang simetri dengan kulit kapal. Lunas bilga biasanya bekerja optimal pada posisi midship dikulit karena lunas bilga dipasang ditengah kapal kurang lebih setengah atau satu pertiga panjang kapal ($1/3 L$). Secara umum lunas bilga terdiri dari pelat rata dan pelat ganda (profil *bulb*) yang berbentuk V yang didalamnya terisi kayu agar lunas bilga tersebut lebih keras dan mengurangi kemungkinan terjadinya bengkok akibat benturan. biasanya ditambahkan kedalam lunas bilga untuk memenuhi/mengisi setiap ruang kosong di mana air mungkin berkumpul dan merusak bagian dalam lunas.

2.6. Standar Stabilitas Menurut IMO

Internasional Maritim Organisation (IMO) sebagai salah satu badan otoritas di bidang maritime telah menetapkan standar stabilitas kapal, yaitu mengenai lengan stabilitas (GZ), adapun standar atau criteria *IMO* tentang stabilitas kapal adalah sebagai berikut :

1. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1*

- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° tidak boleh kurang atau sama dengan 3,101 m.deg.
- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.

2. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2*

- Nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30° – 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.

3. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3

- Sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25°

4. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4

- Nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m

2.7. Olah Gerak Kapal

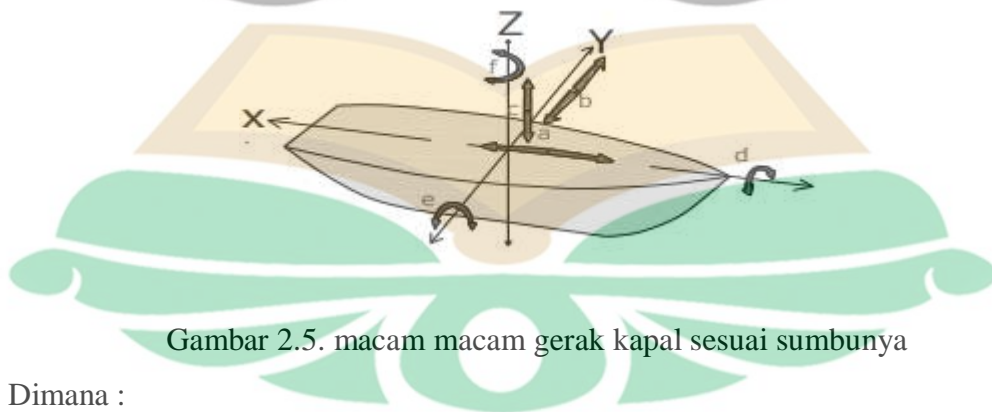
Pada dasarnya kapal yang berada diatas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya external yang menyebabkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan kapal ini disebabkan adanya faktor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu :

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi :

- *Rolling*
- *Pitching*
- *Yawing*

2. Gerakan linear, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi :

- *Surging*
- *Swaying*
- *Heaving*



Gambar 2.5. macam macam gerak kapal sesuai sumbunya

Dimana :

X- axis adalah sumbu memanjang.

Y- axis adalah sumbu melintang.

Z- axis adalah sumbu vertical.

Keterangan :

www.itk.ac.id

- a. *Rolling* (d) yaitu gerakan bersudut sesuai dengan sumbu X berupa olengan ke arah *starboard-portside*.
- b. *Pitching* (e) yaitu gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Y berupa anggukan *by the bow-by the stern*.
- c. *Yawing* (f) yaitu gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Z berupa putaran.
- d. *Surging*(a) yaitu gerakan linear terhadap sumbu X.
- e. *Swaying* (b) yaitu gerakan linear terhadap sumbu Y.
- f. *Heaving* (c) yaitu gerakan linear terhadap sumbu Z.

2.8. *Software Maxsurf*

Untuk memaksimalkan penggunaan kapal cepat, dibutuhkan aplikasi yang tepat untuk menganalisis perancangan kapal. *Maxsurf for Academic* adalah *software freeware* dalam untuk menganalisis desain kapal yang dapat didownload langsung dari maxsurf provider (formsys) dengan batas waktu yang ditentukan. *Software* ini satu paket dengan *hydromax, hull speed, seakeeper, workshop* dan *span*. Pada *maxsurf* sendiri digunakan untuk membuat *lines plan* dalam bentuk tiga dimensi, yang dapat memperlihatkan potongan *station, buttock, shear* dan tampilan tiga dimensi pada pandangan depan, atas, samping dan perspektif. Selain digunakan untuk membuat *lines plan* kapal juga dapat digunakan untuk membuat bentuk 3D yang lain seperti pesawat, mobil dan produk industri lainnya. Menurut fungsinya *Maxsurf* dibedakan menjadi enam:

1. *Maxsurf Modeller*

Sesuai namanya aplikasi *Maxsurf Modeller* difokuskan untuk membangun kapal secara keseluruhan, tersedia juga tampilan tiga dimensi yang akan memudahkan pengguna.

2. *Maxsurf Resistance VPP*

Maxsurf Resistance VPP berfokus di prediksi resisten yang akan ditemui pada pembangunan kapal.

3. *Maxsurf Structure*

www.itk.ac.id

Aplikasi ini khusus dikembangkan untuk menyelesaikan desain kapal yang berkenaan dengan struktur dan perkembangan pembangunan plat kapal.

4. *Maxsurf Stability*

Biasa digunakan untuk mengetahui kondisi dan stabilitas suatu kapal yang akan dianalisa.

5. *Maxsurf Motion*

Maxsurf Motion digunakan untuk menganalisis perkembangan gerak kapal.

6. *Maxsurf Multiframe*

Maxsurf Multiframe berfokus untuk menghitung kekuatan struktur kapal.

2.9. *Maxsurf Motion*

Maxsurf motion adalah program analisis seakeeping dengan menggunakan file geometri maxsurf untuk menghitung respon kapal pada kondisi perairan yang telah ditentukan oleh pengguna. Dua metode yang tersedia untuk menghitung respon kapal, yaitu: metode teori *strip linier* dan metode panel. Sedangkan pilihan metode panel hanya tersedia di maxsurf gerak maju.

Metode teori strip linier didasarkan pada teori Salvesen yang digunakan untuk menghitung respon *couple heave* dan *pitch* dari sebuah kapal. Respon *roll* dihitung dengan menggunakan teori redaman *roll linier*. Selain luaran grafis dan tabulasi dari data hasil numerik, *maxsurf motions* juga mampu memberikan animasi respon kapal terhadap kondisi laut yang ditentukan. Metode panel adalah analisis hidrodinamika difraksi orde pertama/radiasi di mana panel konstan menggunakan *Bounadary Element Method* (BEM). Metode panel menghasilkan elemen analisis berdasarkan geometri dari permukaan NURBS pada file desain *maxsurf*. Metode panel menghasilkan *Response Amplitude Operator* (RAO) untuk semua enam tingkat kebebasan (6 *degrees of freedom* atau (6 DOF), meliputi: *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch* dan *yaw*. Metode panel ini berlaku untuk rentang geometri yang sangat besar, namun dibatasi pada kecepatan maju nol (diam). Selain menghasilkan RAO, luaran metode panel juga mencakup massa dan redaman hidrodinamik, gaya gelombang dan momen, gaya dan momen *drift* maupun tekanan pada permukaan basah kapal. Teori strip bersama dengan metode panel pada *maxsurf motions* mampu memberikan prediksi *seakeeping* yang cukup

akurat untuk berbagai jenis kapal. Kecepatan analisis dan integrasinya ke dalam feature maxsurf membuat *maxsurf motions* sangat berguna pada tahap desain awal (Suwasono, 2019).

2.10. Maxsurf Stability

Maxsurf stability memiliki kemampuan untuk menghitung kepatuhan dengan berbagai kriteria stabilitas. Kriteria ini berasal dari properti kurva stabilitas yang dihitung dari analisis stabilitas sudut besar atau sifat orientasi, dan stabilitas kapal yang dihitung dari analisis equilibrium, termasuk analisis KG dan *floodable* yang terbatas. Selain itu *maxsurf stability* juga memiliki seperangkat kriteria induk generik yang secara virtual kriteria kestabilan dapat disesuaikan.

Maxsurf stability meliputi beberapa analisis, antara lain:

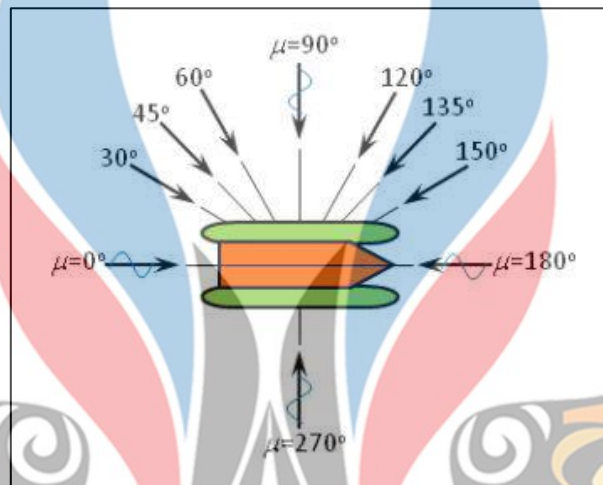
- *Upright hydrostatics*
- *Large angle stability*
- *Equilibrium analysis*
- *Specified Condition analysis*
- *KN values and cross curves of stability*
- *Limiting KG analysis*
- *Floodable Length analysis*
- *Longitudinal Strength analysis*
- *Tank Calibrations*
- *MARPOL oil outflow*
- *Probabilistic damage (versi Maxsurf Stability Ultimate)*

Luaran hasil yang tersimpan dapat ditinjau setiap saat, baik dalam bentuk tabel atau grafik dari berbagai parameter di seluruh rentang perhitungan. Semua luaran hasil terakumulasi dalam Laporan (disimpan, disalin dan dicetak) dalam bentuk dokumen word. Sedangkan pemeriksaan kriteria dirangkum dalam tabel yang mencantumkan status (*pass/fail*) dari setiap kriteria dan marginnya.

(Suwasono, 2019).

2.11. Arah Masuk Gelombang (*wave heading*)

Sudut masuk gelombang (*Wave Heading*) yang adalah arah datang gelombang yang diukur dari bagian-bagian kapal. Terdapat lima arah yang secara garis besar merepresentasikan arah gelombang yang menerpa badan kapal saat beroperasi di perairan. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar Gambar 2.6 sebagai berikut: (Romadhoni, Jurnal IPTEK Vol. 21, 1 Mei 2017)



Gambar 2.6 Arah Masuk Gelombang

Untuk lengkapnya akan disampaikan juga mengenai istilah yang lazim digunakan untuk menjelaskan arah gelombang datang. Pertama, gelombang yang mempunyai arah $\mu = 0^\circ$ adalah lazim diistilahkan sebagai gelombang *following seas* atau *following waves*, yaitu gelombang buritan. Agar diperhatikan, kata *seas* dan *waves* keduanya dapat digunakan untuk menyatakan kata gelombang. Kedua, gelombang yang mempunyai arah $\mu = 180^\circ$ adalah lazim diistilahkan sebagai *head seas* atau gelombang haluan. Ketiga, gelombang yang mempunyai arah $\mu = 90^\circ$ dan $\mu = 270^\circ$ lazim diistilahkan sebagai *beam seas* atau gelombang sisi. Perlu dicatat di sini bahwa gelombang dengan $\mu = 90^\circ$ adalah gelombang yang datang dari sisi kiri atau *portside* bangunan laut, sedangkan $\mu = 270^\circ$ adalah gelombang yang datang dari sisi kanan atau *starboard* bangunan laut. Istilah pertama sampai ketiga yang telah dibahas ini pada dasarnya adalah gelombang yang mempunyai arah sejajar ataupun tegak lurus terhadap sumbu memanjang bangunan laut. Sedangkan gelombang-gelombang lain mempunyai arah miring, menyilang atau diagonal

terhadap sumbu memanjang bangunan laut. Jadi secara umum diistilahkan sebagai *oblique seas* atau *oblique waves*. Meskipun kata *oblique waves* atau gelombang menyilang sudah dapat digunakan secara umum, namun dalam sejumlah referensi banyak dijumpai juga istilah yang lebih spesifik. Gelombang dengan arah 45° dan 135°, sebagai misal, dapat dipertimbangkan sebagai arah seperempat kali sudut 180°, sehingga dikatakan sebagai *quartering seas*; yang mungkin dapat diterjemahkan sebagai gelombang perempat. Tetapi karena sudut 45° adalah berada di buritan dan 135° berada di haluan, maka istilah 10 yang lebih spesifik lagi dari masing-masing adalah *stern quartering seas* dan *bow quartering seas*. Sedangkan gelombang-gelombang dengan arah 30° dan 60° disebut *lengkap stern oblique waves* atau kadang-kadang singkat saja, *stern waves*. Sebagai padanan, gelombang-gelombang dengan arah 120° dan 150° disebut *lengkap bow oblique waves* atau kadang-kadang singkat saja, *bow waves*. (Djarmiko, 2012)

2.12. RAO (*Response Amplitude Operator*)

RAO (*Response Amplitude Operator*) dapat disebut juga sebagai *Transfer Function*, karena RAO dapat mentransfer gaya gelombang menjadi respons yang terjadi pada kapal. RAO adalah fungsi yang memberikan gambaran tentang amplitudo gerak osilasi kapal dengan amplitudo gelombang regular. Harga RAO dapat diketahui baik secara analitik maupun dengan model test. Test yang dilakukan harus mengambil jarak atau bentang frekuensi gelombang yang luas. RAO merupakan fungsi respon yang terjadi pada rentang frekuensi tertentu. Persamaan RAO dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$RAO = \frac{\zeta_z}{\zeta_w}$$

Dimana :

ζ_z = Amplitudo Kapal

ζ_w = Amplitudo Gelombang

Dalam perhitungan RAO, gelombang dianggap sebagai gelombang regular. Dari RAO gelombang regular ini bisa diketahui perilaku kapal di laut secara nyata, termasuk gerakan roll. (Hendramotko harris, Hasanuddin 2012)