

PENAMBAHAN HAMBATAN DALAM PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL AKIBAT GERAK KAPAL PADA GELOMBANG

Zulfaidah Ariany *)

Abstract

Addition of resistance in calculation of ship resistance effect of ship motion at wave. Six natural degree of freedom by a ship that is surging, swaying, heaving, rolling, pitching and yawing.

In general movement bounce up ship have very complex geometry form and is influencing each other, each other couple in an style system.

Degradation of speed at ship done and conducted by at sea transport wayving (including wind) aim to avoid to damage or effect from green water on deck, slamming, racing propeller, and others. Is so that concluded that calculation of ship resistance at ship progressively increase effect of ship motion at wave

Pendahuluan

Zat cair selalu membentuk permukaan bebas yang senantiasa menyesuaikan diri dengan gaya yang bekerja pada partikel zat cair tersebut. Dalam keadaan diam sekalipun, zat cair selalu dalam pengaruh gaya beratnya sendiri. Akibatnya, permukaan zat cair pada tangki atau sejenisnya selalu datar. Pada tangki yang sangat besar, seperti danau atau laut, permukaan air sekaligus merupakan irisan permukaan bumi yang permukaannya melengkung akibat arah kerja semua gaya tarik bumi menuju ke pusat bumi.

Zat cair sangat mudah bergeser (modulus gesernya mendekati nol), sehingga dengan gaya yang relatif kecil saja dapat menimbulkan perubahan bentuk yang besar. Gaya pada permukaan air akan mengubah bentuk permukaan air, seperti gelombang/ombak laut.

Tiap gelombang yang menyusul selalu lebih rendah dari pada gelombang yang mendahuluinya, karena tiap gelombang yang telah terbentuk menyerap sebahagian dari energi jatuhnya batu kedalam air (contoh).

Jika energi gerak air tidak diubah menjadi energi panas akibat gesekan internal air, proses ini akan berlanjut terus dan semakin lama, panjang gelombang akan semakin besar dan gelombang semakin datar. Pada akhirnya semua gelombang akan lenyap dan permukaan air kembali menjadi tenang. Suhu air akan bertambah sedikit, perubahan suhu ini setara dengan energi kinetik jatuhnya batu tadi.

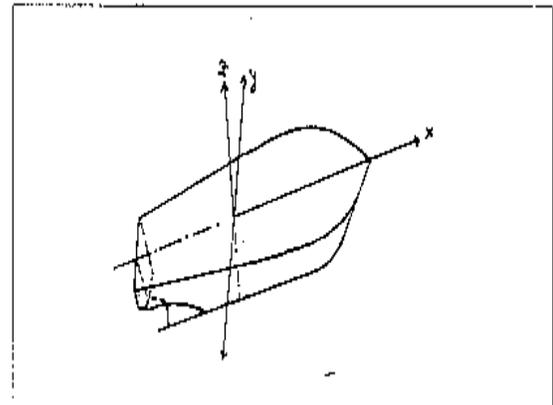
Untuk menimbulkan gelombang diperlukan gangguan awal permukaan air, walaupun gelombang terlihat pada permukaan air bergerak keluar menjauhi pusat gelombang, sebenarnya air itu sendiri tidak ikut bergerak maju bersama gelombang.

Gelombang tidak identik dengan air itu sendiri, tapi gangguan permukaan yang bergerak disebut sebagai rambatan gelombang.

Partikel air pada prinsipnya bergerak vertikal atau tegak lurus terhadap permukaan air, sedangkan gelombang atau gangguan permukaan bergerak tegak lurus terhadap gerak partikel air dan merambat ke segala arah permukaan air.

Kapal Pada Gelombang

Gerak sebuah kapal yang terapung di permukaan laut hampir selalu berupa gerak osilasi. Beberapa jenis gerak kapal berdasarkan arahnya dapat dilihat pada



gambar 1. Gerak kapal berdasarkan arahnya

Ilustrasi pada gambar memperlihatkan gerak kapal dalam 6 derajat kebebasan, dimana 3 diantaranya adalah linier (translatoris) dan 3 lagi berupa gerak rotasi.

Keenam gerak tersebut berpedoman pada 3 sumbu utama.

*) Staf Pengajar Jurusan D III Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Sistem Koordinat

Kapal adalah sebuah benda yang terletak dalam ruang tiga dimensi (trimatra) dengan 6 derajat kebebasan.

Sistem koordinat yang biasa digunakan dalam gerak kapal adalah sistem cartesius, dengan arah masing-masing sumbu pada gambar 1.

Pusat sistem salib sumbu terletak pada potongan :

- Bidang garis air, (bidang x,y)
- Bidang tengah lintang kapal (bidang y,z)
- Bidang tengah bujur kapal (bidang x,z)

Gerakan dalam 6 derajat kebebasan

- Gerak horizontal; pada arah sumbu x, disebut gerak bujur (surging)
- Gerak horizontal pada arah sumbu y, disebut gerak lintang (swaying)
- Gerak vertikal pada arah sumbu z, disebut gerak jungkit (heaving)
- Putaran Φ pada sumbu x, disebut oleng (rolling)
- Putaran θ pada sumbu y, disebut ungit (pitching)
- Putaran Ψ pada sumbu z, disebut pusingan (yawing)

Gerakan-gerakan yang mengandung komponen vertikal menimbulkan dampak perubahan displasement kapal, oleh karenanya pada gerakan tersebut akan selalu timbul gaya pengembali yang berusaha mengembalikan posisi kapal seperti semula, termasuk didalamnya gerakan ungit, oleng dan jungkit.

Pada gerak oleng, ungit dan jungkit, kapal berada dalam keadaan stabil dan juga menimbulkan gaya dinamis yang menyebabkan terjadinya getaran, sedangkan gerakan lainnya, kapal berada dalam kondisi keseimbangan indifrent.

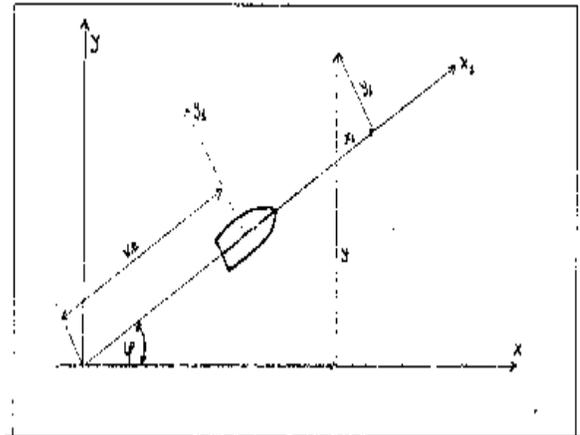
Secara umum gerakan-gerakan lambung kapal mempunyai bentuk geometri sangat kompleks bukannya saling bergantung, melainkan saling mempengaruhi, saling terkopel dalam sutau sistem gaya.

Misalnya dalam gerak ungit, posisi titik tekan tidak hanya bergeser pada arah vertikal akan tetapi juga pada arah bujur, sehingga timbul momen trim, jadi getaran yang terjadi sebenarnya gerak kopel ungit dan jungkit.

Untuk menyederhanakannya, hal ini dianggap bahwa gerakan-gerakan kapal tersebut berdiri sendiri dan tidak saling bergantung.

Frekuensi Temu

Sebuah kapal berlayar dengan kecepatan v membentuk sudut μ terhadap rambatan gelombang gravitasi.



Gambar. 2 Sistem koordinat kapal

Dengan memperhatikan gambar 2 faktor transformasi sistem koordinat yang berpusat pada titik yang tetap dalam ruang dengan yang berpusat pada titik pada kapal yang bergerak dengan kecepatan v dan membentuk sudut μ pada arah rambatan gelombang

$$x = (x_s + vt) \cos \mu - y_s \sin \mu \text{ dan}$$

$$y = y_s \cos \mu + (x_s + vt) \sin \mu$$

Persamaan gelombang pada sistem koordinat dengan pusat sumbu tetap pada ruang :

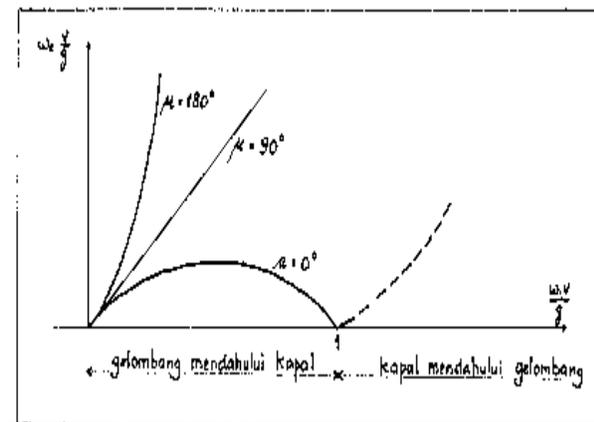
$$\xi(x, y) = \xi_A \sin(k(x - c_w t)) = \xi_A \sin(kx - \omega t)$$

Persamaan gelombang dengan pusat sistem koordinat pada kapal yang sedang bergerak :

$$\xi(x_s, y_s, t) = \xi_A \sin(k(x_s \cos \mu - y_s \sin \mu) \varpi_c t)$$

Frekuensi temu ω_c

$$\begin{aligned} \varpi_c &= \varpi - kv \cos \mu = \varpi(1 - \varpi v / g \cos \mu) \\ &= \varpi(1 - v / c_w \cos \mu) \end{aligned}$$



Gambar. 3 Frekuensi temu dan gelombang

Gambar 3 menunjukkan secara diagramatis kurva hubungan antara frekuensi temu dan frekuensi gelombang pada berbagai sudut haluan terhadap arah gelombang.

Bila sudut $\mu < 90^\circ$ berarti kapal bergerak dengan “arah yang sama” dengan gelombang.

Sudut $\mu = 90^\circ$ berarti ombak datang tepat dari sisi lintang kapal.

Sudut $\mu > 90^\circ$ berarti kapal berlayar melawan ombak.

Pada saat kapal berlayar melawan ombak ($\mu > 90^\circ$) maka frekuensi temu ω_e selalu lebih besar daripada frekuensi gelombang ω , sedangkan pada saat gelombang datang dari sisi lintang kapal ($\mu = 90^\circ$) maka frekuensi temu ω_e sama dengan frekuensi gelombang ω .

Jika kapal berlayar mengikuti atau searah dengan rambatan gelombang ($\mu < 90^\circ$), maka frekuensi temu ω_e pada umumnya lebih kecil dari pada frekuensi gelombang itu sendiri.

Pada umumnya kecepatan gelombang lebih besar dari pada kecepatan kapal-kapal dengan kecepatan sedang, atau gelombang dengan λ yang besar, sehingga gelombang akan melambung kapal. Hanya kapal-kapal cepat yang pada umumnya melambung gelombang, terutama bila kapal tersebut berlayar pada gelombang dengan λ yang tidak terlalu besar.

Pada posisi transisi, dimana $\omega_e \sim 0$ atau dengan kata lain $v = c_w$, berarti kapal berlayar bersamaan dengan gelombang, dapat menimbulkan resiko besar, terutama bila kondisi tak stabil berlangsung lama. Kondisi tak stabil bisa terjadi (lazim pada kapal sejenis kontainer) saat kapal berada pada puncak gelombang. Pada kondisi $v = c_w$ ini, kapal kemungkinan bisa terbalik.

Gelombang Tak Reguler

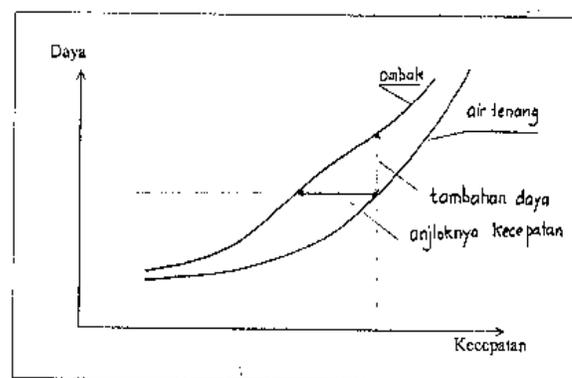
Angin merupakan faktor utama yang menyebabkan permukaan laut atau samudera terdeformasi. Secara internasional telah diterimanya skala Beaufort sebagai kriteria atau ukuran kecepatan angin. Sistem pengukuran kecepatan angin di samudera dan ombak yang ditimbulkannya pertama kali diperkenalkan oleh Admiral Beaufort (seorang perwira tinggi Angkatan Laut Inggris)

Gelombang yang terjadi dilaut dianggap sebagai hasil paduan dari banyak gelombang reguler. Gelombang-gelombang reguler yang saling terpadu membentuk gelombang alami dilaut mempunyai periode dan arah rambatan yang berbeda-beda.

Perubahan fase dari gelombang-gelombang reguler ini berubah-ubah tergantung tempat dan waktu. Perbedaan fase masing-masing gelombang terhadap pusat salib simbu diambil atau ditetapkan secara acak, sehingga perbedaan fase pada tempat dan waktu tertentu bisa ditentukan berdasarkan fase awalnya, pada waktu $t = 0$. Karena fase ditetapkan secara acak atau random maka dari gelombang laut kita hanya bisa menarik kesimpulan sifatnya stokastis, misalnya berapa besar peluang bahwa tinggi gelombang akan melewati ukuran tertentu.

Jalur perairan yang berombak tidak hanya memaksa kapal bergoyang/bergerak dinamis, akan tetapi juga menimbulkan penganjlokkan kecepatan kapal atau dengan kata lain ombak menimbulkan tahanan hambatan kapal.

Pada kondisi dibawah pengaruh angin dan ombak diperlukan daya propulsi yang lebih besar untuk mempertahankan kecepatan sebagaimana kecepatan pada air tenang. Bila daya sudah tidak mungkin lagi ditambah maka pengaruh ombak berarti penurunan kecepatan.



Gambar. 4 Penurunan Kecepatan

Disamping kecepatan kapal anjlok karena meningkatnya hambatan kapal pada perairan yang berombak, seringkali juga kecepatan kapal sengaja diturunkan. Penurunan kecepatan yang disengaja ini bertujuan untuk menghindari terjadinya gerakan kapal yang terlalu besar, yang sedapat mungkin menimbulkan kerusakan pada lambung kapal.

Penurunan kecepatan kapal pada jalur pelayaran yang berombak adalah :

1. Tekanan angin pada bangunan atas kapal. Tekanan angin ini sangat mempengaruhi kecepatan, terutama bila arah angin berlawanan dengan arah laju kapal, dan kapal mempunyai bangunan atas yang relatif besar, seperti kapal penyebrang, kapal penumpang dan kapal pengangkut ternak, dalam kondisi tertentu pula kapal container yang di atas decknya sedang dimuati container (kosong) sampai batas tertinggi yang diizinkan.
2. Kenaikan hambatan kapal karena gerak kapal. Gerak kapal yang menyebabkan peningkatan hambatan secara berarti adalah gerak ungkit (heaving) dan jungkit (pitching). Gerak oleng (rolling) tidak terlalu signifikan sebagai faktor penambah hambatan
3. Tahanan hambatan Kapal yang timbul dari energi refleksi gelombang pada lambung kapal.
4. tambahan hambatan karena gerak “yawing” yang ditimbulkan oleh angin atau ombak. Juga mungkin karena kemudi yang sengaja diarahkan sedemikian rupa agar kapal tidak hanyut atau untuk mempertahankan baringan (haluan) kapal pada sasaran. Dalam hal ini resultan gaya propulsif lebih kecil dari pada gaya propulsinya itu sendiri.
5. terjadi penurunan efisiensi propeller karena propeller bekerja pada kondisi yang kurang menguntungkan.

Sedangkan penurunan kecepatan yang disengaja dimaksudkan untuk menghindari kerusakan akibat :

1. Green Water on Deck (genangan air pada deck kapal). Limpahan air yang berlebihan di atas deck dapat menyebabkan beban geladak jadi berlebihan, dan atau kerusakan muatan
2. Slamming, yaitu benturan antara dasar kapal di haluan dengan air. Benturan ini sangat besar dan bisa jadi sangat berbahaya bila gerak jungkit dan ungkit kapal relatif besar sebagai reaksi kapal terhadap ombak.
3. Percepatan yang berlebihan, gerak percepatan yang tinggi dapat menimbulkan resiko besar pada muatan dan sistem pengikatan (lashing) muatan.

Percepatan yang besar dapat menimbulkan gaya yang bekerja pada sistem lashing jauh lebih besar daripada berat muatan itu sendiri. Perhitungan percepatan gerak kapal ini sangat penting untuk menjamin keamanan muatan geladak, seperti kapal container, pengangkut kayu dan sejenisnya.

4. Daun propeller muncul ke permukaan air (propeller racing). Hal ini bisa terjadi pada gerak ungkit dan atau jungkit dengan amplitude besar. Akibat munculnya daun propeller ke permukaan air adalah fluktuasi tegangan pada daun propeller dan menurunnya efisiensi propeller
5. Timbul masalah dalam mempertahankan haluan.

Besarnya kenaikan hambatan kapal dalam pelayaran berombak bisa ditentukan melalui percobaan tangki atau secara analitis. Dalam hal tambahan hambatan ini dihitung melalui percobaan tangki, prosedurnya ditempuh dengan menarik model dengan air ditangki yang diberi ombak. Selisih antara hambatan saat air ditangki diberi ombak dengan tanpa ombak adalah tambahan hambatan akibat ombak.

Hasil perhitungan analitis pada umumnya tidak sesuai dengan hasil percobaan tangki, akan tetapi hasil perhitungan analitis biasanya dianggap sudah cukup untuk dipakai mengestimasi daya propulsor dalam merancang kapal.

Kesimpulan

Dari uraian diatas secara umum dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Tambahan hambatan kapal di ombak proporsional dengan kuadrat tinggi gelombang
2. Tambahan hambatan tidak tergantung pada hambatan kapal di air tenang
3. Tambahan hambatan merupakan fungsi dari gerak ungkit dan jungkit serta perbedaan fase antara pemacu dan reaksi kapal. Dengan kata lain kapal yang mempunyai dinamika di ombak jelek akan memperoleh tambahan hambatan yang besar pula.

Daftar Pustaka

1. Bhattacharyya, R.,(1978), “Dynamics of Marine Vehicles”, John Willey & Sons. New York
2. Geritsma. J, (1985), “An Eperimental Analysis of Ship Motions in Longitudinal Regular Waves”, International Shipbuilding Progress. Delft.
3. Ganding, Sitepu., (1996), “Gerak Kapal”, Jurusan Perkapalan. Universitas Hasanuddin, Makassar.

