

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Kayu Tradisional

Kapal kayu tradisional adalah kapal yang pada umumnya dibangun secara tradisional berdasarkan pengalaman pembuatnya tanpa dasar proses desain. Kapal kayu pada umumnya dibangun tanpa gambar rencana garis dan pembentukan lambung dimulai dari pemasangan kulit tidak seperti pada pembangunan kapal secara konvensional sehingga memiliki keunikan tersendiri semuanya berdasarkan tradisi dan naluri dalam menentukan karakteristik bentuk lambung dan konstruksinya (Asis,2020)

Kapal ini biasa digunakan sebagai kapal penangkap ikan, kapal penumpang dan kapal barang khususnya di Indonesia. Dibidang transportasi, kebanyakan kapal tradisional mengalami penurunan karena peranannya digantikan oleh kapal modern seperti kapal ferry dan super jet. Namun di bidang perikanan, peranan kapal kayu tradisional masih penting karena modal pembuatan kapal modern yang relatif mahal (Syam,2020).



Gambar 2. 1 Kapal Kayu Tradisional
(Sumber: Syam,2020)
www.itk.ac.id

2.2 Sistem Permesinan dan Propulsi

Didalam sebuah kapal memiliki 2 (dua) sistem penggerak kapal yaitu, sistem permesinan kapal dan sistem propulsi. Pada permesinan kapal merupakan bagian inti dari sebuah kapal sebagai sistem penggerak. Secara umum permesinan kapal dapat dikelompokkan menjadi sistem penggerak utama (*main propulsion engine*) yang terdiri dari: motor induk, sistem roda gigi, sistem poros, dan baling-baling. Permesinan kapal memerlukan sistem permesinan bantu (*auxiliary engine*) yang meliputi sistem kemudi, sistem minyak pelumas dan lain sebagainya (Setiawan,2018).

Pada pengoperasian kapal dilaut. Sebuah kapal diperlukan keandalan dalam mempertahankan kecepatan dinas (Vs) seperti yang di rencanakan ditahap desain. Maka dalam hal ini kapal semestinya mempunyai sebuah rancangan sistem propulsi yang bisa mengatasi keseluruhan gaya hambat atau *total resistance* yang terjadi agar bisa memenuhi standar kecepatan dinasnya.

Secara umum, sistem propulsi kapal terdiri dari 3 (tiga) komponen utama, antara lain:

- (a) *main engine*
- (b) sistem transmisi dan
- (c) alat gerak atau propulsi.

Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Kesalahan yang dilakukan dalam perancangannya akan membawa konsekuensi yang sangat besar terhadap kondisi kapal sebagai berikut:

- 1). Tidak tercapainya kecepatan dinas kapal yang direncanakan.
- 2). *Fuel oil consumption* yang tidak efisien.
- 3). Turunnya nilai ekonomis dari kapal tersebut.
- 4). Pengaruh pada tingkat getaran yang terjadi pada badan kapal

Gambar berikut menunjukkan system penggerak utama dengan komponen-komponennya prime mover (dalam hal ini motor induk atau *main engine*), sistem roda gigi (*gear box*), *thrust block*, *thrust shaft*, *intermediate shaft*, *tail shaft* dan *propeller*. Disamping itu terdapat kelengkapan lain seperti bantalan-bantalan (*bearings*), *stern tube*, dan *Bracket*(Alghifari,2020).



Gambar 2. 2 Sistem Propulsi
(Sumber : Alghifari,2020)

2.2.1 Sistem Pendingin Kapal

Perawatan mesin di atas kapal sangat penting dan tidak dapat di hindari, karena apabila mesin mengalami kegagalan saat kapal berlayar, mengakibatkan kapal tidak terkontrol dan mengakibatkan dampak yang fatal. Mesin diesel merupakan mesin yang kompleks, berdasarkan hierarkinya mesin ini terdiri dari sistem, sub-sistem dan komponen.

Kemungkinan kegagalan mesin diesel terjadi karena berbagai sebab, seperti sistem bahan bakar, sistem pendingin, sistem pelumas. Sistem pendingin merupakan sistem yang berfungsi menjaga temperatur mesin pada suhu tertentu sesuai dengan desain yang ditentukan agar mesin diesel dapat beroperasi secara berkelanjutan. Mesin Diesel yang beroperasi menghasilkan panas dengan suhu Sistem pendingin ini terdiri dari beberapa komponen penyusun yang utamanya untuk mendinginkan blok mesin, selain mendinginkan blok mesin, sistem pendingin juga mendinginkan pelumas, *scavange* air dan *water cooler inlet* dan *outlet* (Abrori,2019).

Cooling sea water inlet adalah salah satu bagian dari komponen *intercooler* sebagai masuknya air laut kedalam *water intercooler* sebagai media pendinginan yang dilakukan *intercooler* (Saputro,2020).

2.3 Aliran Fluida

Aliran Fluida merupakan bentuk dari suatu zat dalam fase cair dan fase gas. Zat cair akan mengalir dengan sendirinya dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah atau dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah.

Sedangkan gas akan mengalir dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah (Citra,2017). Jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu disebut aliran dan diberi notasi Q . Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik (m^3/s) (Triatmojo, 2014). Di dalam zat cair ideal, dimana tidak terjadi gesekan, kecepatan aliran V adalah sama di setiap titik pada tampang lintang. Apabila tampang aliran tegak lurus dengan arah aliran, maka debit aliran dapat dirumuskan :

$$Q = A \cdot V \quad (2.1)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m^3/s)

A = Luas penampang bidang (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/s)

2.3.1 Jenis Aliran Fluida

Aliran fluida ada dua macam yaitu secara terbuka / berhubungan dengan udara luar serta aliran tertutup yang biasanya dilakukan di dalam pipa. Aliran zat cair dalam pipa ditinjau dari kestabilan kapasitasnya dibagi menjadi dua yaitu :

- Aliran dalam keadaan stabil (*steady state*) apabila debit / laju alir volumetrik selama waktu yang ditinjau adalah tetap.
- Aliran tak stabil (*unsteady state*) apabila debitnya / laju alir volumetrik selama waktu yang ditinjau tidak tetap / berubah.

Sedangkan jenis atau tipe aliran bila ditinjau dari arah lintasannya partikel fluida yang mengalir dibagi menjadi aliran laminar dan aliran turbulen (Sofaria,2021).

- Aliran laminar terjadi bila partikel partikel fluida bergerak pada lapisan lapisan yang paralel disepanjang aliran atau lintasannya sejajar, yang berarti tidak ada arus olakan. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan *Reynolds* nya kurang dari 2300 ($Re < 2300$).
- Aliran turbulen terjadi bila partikel partikel fluida bergerak dengan kecepatan dan arah yang berubah ubah terhadap waktu sehingga sulit untuk diamati, yang berarti terjadi arus olakan. Nilai bilangan *Reynolds*nya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).

- Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminer ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$) (Sofaria, 2021).

Adapun persamaan rumus Reynolds dapat dilihat dibawah ini.

$$Re = V \cdot D \cdot \rho / \mu \quad (2.2)$$

Dimana :

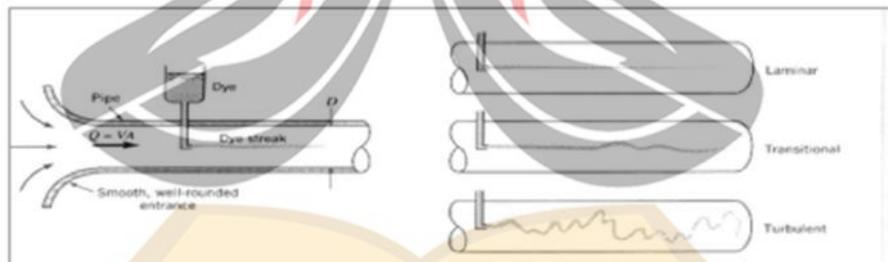
Re = Reynold Number

V = Kecepatan rata-rata fluida yang mengalir (m/s)

D = diameter dalam pipa (m)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)



Gambar 2. 3 Pola Aliran Fluida
(Sumber: Citra, 2017)

2.4 Hidrodinamika Propeller

Dalam membuat bentuk dasar propeller dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yaitu yang dinamakan *Hidrofoil* dimana menghasilkan suatu *lift* yang lebih besar dibandingkan dengan *drag*-nya. Pergerakan dari *hidrofoil* ini terjadi pada suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya

hidrodinamika. Hidrodinamika adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah *hidrofoil* terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas *hidrofoil* melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah *hidrofoil* lebih pelan bila dibandingkan bagian atas *hidrofoil*. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat itu (Kiryanto,2016).

2.5 Kinematika Fluida

Dalam aplikasi bidang teknik yang berkaitan dengan sistem fluida, umumnya fluida yang terlibat berada dalam keadaan bergerak atau lebih dikenal dengan istilah “mengalir”. Kinematika fluida mempelajari berbagai aspek gerakan fluida tanpa meninjau gaya – gaya yang diperlukan untuk menghasilkan gerakan tersebut. Kajian kinematika dari gerakan tersebut meliputi kecepatan, percepatan medan aliran serta penggambaran dan visualisasi gerakan tersebut. Pemahaman tentang kinematika aliran fluida merupakan dasar penting untuk memahami dinamika fluida (Saifu,2020)

2.6 Perhitungan *Speed of Advance* (V_a)

Keberadaan lambung kapal didepan propeller mengubah rata-rata kecepatan lokal dari propeller. Jika kapal bergerak dengan kecepatan V dan akselerasi air di bagian propeller akan bergerak kurang dari kecepatan kapal tersebut. Akselerasi air tersebut bergerak dengan kecepatan V_a , diketahui sebagai *Speed of Advance*. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$V_a = (1 - w) V_s \quad (2.3)$$

Dimana :

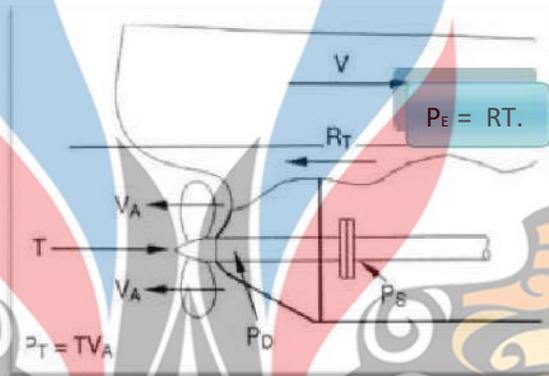
V_a : Speed of Advance (m/s)

W : wake friction

V_s : Kecepatan Dinas (Knot)

Wake Friction (w) Adalah perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air yang menuju ke baling-baling, perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air akan menghasilkan harga koefisien arus ikut.

EHP (*Effective Horse Power*) adalah besarnya tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kapal.



Gambar 2. 4 Pola aliran fluida
(Sumber: Fadhlil,2017)

Dari gambar diatas, maka nilai EHP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$EHP = R_T \cdot V / 75 \text{ (HP)} \quad (2.4)$$

Dimana :

V = Kecepatan kapal

R_T = Tahanan total kapal

2.7 *Ansyes Fluent*

Dunia rekayasa dan keteknikan, umumnya menggunakan piranti lunak untuk membantu dalam menyelesaikan permasalahan dalam suatu pekerjaan yang telah ditentukan. Salah satu perangkat lunak yang biasa digunakan dalam bidang desain and analisis adalah *ANSYS* yang hingga saat ini sudah diterbitkan mencapai

versi 8.1 *ANSYS* merupakan produk yang berkesinambungan produksi dari perusahaan *ANSYS Inc.'s*. *ANSYS Inc.'s* juga memperhatikan bidang pendidikan sehingga dalam produk *ansys* yang dikeluarkan terdapat *student version* yang dapat diakses secara bebas melalui website resmi *ANSYS Inc.'s*. Secara umum, analisa yang bisa dilakukan oleh *ANSYS* adalah analisa struktur, termal, fluida/CFD, dan *electromagnetic's* serta berbagai kasus keteknikan lainnya. Penyelesaian kasus dalam *Ansys* hanya dapat dikerjakan apabila pilihan solusi yang digunakan tepat, sehingga perlu pengenalan terlebih dahulu terhadap perangkat lunak yang akan digunakan (Suryo Widodo,2020).

2.7.1 Numerical Modelling

Didalam untuk memahami aliran partikel *inert* yang tersebar, bingkai LE (*lagrian-Eularian*) dari persamaan konservasi digunakan. Untuk aliran isothermal, tidak dapat dimampatkan, dan bergejolak dari fluida *Newtonian*, yang merupakan fase pembawa kontinu, yaitu transportasi massa dan momentum dalam fase fluida adalah dijelaskan oleh persamaan RANS (*Reynolds-averaged Navier-Stokes*) sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \bar{u} = 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \rho(\bar{u} \cdot \nabla) \bar{u} = -\nabla \bar{p} + \eta \Delta \bar{u} - \nabla \cdot \tau^{RS} + \bar{f}_{D'} \quad (2.6)$$

dimana :

\bar{u} dan \bar{p} = kecepatan aliran rata-rata nilai *Reynolds* dan tekanan,

ρ = kerapatan fluida,

η = dinamika viskositas dan

$f_{D'}$ = kekuatan dorongan tambahan.

Dalam bilangan *Reynolds* menekankan $\tau^{RS} = \rho u'u'$ biasanya dimodelkan dengan menggunakan pendekatan eddy-viskositas. Dalam studi ini, dua model turbulensi digunakan dalam kombinasi dengan dindingfungsi,

yaitu model $k - \epsilon$ standar. Informasi tentang implementasi spesifik di *Ansys Fluent* dan *Open Foam* dapat ditemukan dipanduan pengguna Untuk fase terdispersi, gerakan partikel diselesaikan dengan mengintegrasikan keseimbangan gaya, yang ditulis dalam *frame Lagrangian* pada partikel. Dalam himpunan persamaan diferensial yang menghitung lokasi partikel dan kecepatan, diasumsikan bahwa partikel-partikel itu *spherical*, sementara panas dan perpindahan massa diabaikan. Selanjutnya semua partikel diperlakukan sebagai massa titik oleh kode CFD sehingga persamaan untuk torsi dihilangkan:

$$\frac{dx_p}{dt} = \underline{u}_p \quad (2.7)$$

$$m_p \cdot \frac{du_p}{dt} = \sum \underline{F}_i \quad (2.8)$$

Dimana:

x_p = posisi partikel dari vektor tersebut,

u_p = kecepatan partikel

m_p = massa partikel.

dalam pendekatan yang disarankan, *OpenFOAM* menggunakan hubungan empiris yang sedikit dimodifikasi berikut ini ketika *spheres* dipertimbangkan, antara lain :

$$C_D = \left\{ \frac{24}{Re_p} \left(1 + \frac{1}{6} Re_p^2/3 \right) \right\}; \quad (2.9)$$

$$Re_p \leq 1000$$

$$Re_p \geq 1000$$

Adapun dalam persamaan dari perhitungan *Ansys Fluent*, C_D :

$$C_D = a_1 + \frac{a_2}{Re_p} + \frac{a_3}{Re_p^2} \quad (2.10)$$

Seperti yang dinyatakan dalam Panduan Teori *ANSYS FLUENT*, konstanta a^1 , a^2 dan a^3 yang diberikan oleh Morsi dan Alexander berlaku untuk beberapa rentang Reynolds Jumlah. Hubungan yang sama untuk C_D seperti di *OpenFOAM* persamaan diterapkan ketika model teori *drag* dinamis yang dipilih. *ANSYS FLUENT* menyarankan model ini untuk pemodelan ketika variasi dalam bentuk aliran harus diperhitungkan. Namun, tidak ada substansial pengaruh pada gerakan partikel terdeteksi, karena berbeda model seret digunakan (Franzika,2015).

2.7.2 Kemampuan *FLuent*

FLUENT memiliki kemampuan pemodelan sebagai berikut:

- Aliran 2D, 2D axisymmetric, 2D axisymmetric dengan swirl, dan 3D.
- Aliran tunak (steady) ataupun transien.
- Aliran fluida kompresibel dan inkompresibel untuk semua daerah kecepatan (subsonik, supersonik, dan hipersonik).
- Aliran inviskos, laminar, dan turbulen.
- Perpindahan panas, meliputi konveksi paksa, konveksi bebas, campuran, konjugasi (padatan/fluida), dan radiasi.

2.7.3 Kondisi Batas

Kondisi Batas Kondisi batas merupakan data masukan yang sangat penting untuk simulasi aliran dengan *FLUENT*. Kondisi batas yang digunakan harus merupakan parameter aliran yang dapat dipercaya nilainya. Secara garis besar pemodelan saluran terbuka terdiri dari beberapa kondisi batas, yaitu :

a. *Velocity Inlet* Lokasi kondisi batas ini berada pada sisi masuk daerah saluran. Nilai masukan yang dibutuhkan adalah kecepatan aliran air, arah aliran, dan sifat turbulensi. Pada kondisi batas ini, kecepatan masuk aliran akan selalu tetap sepanjang iterasi.

b. *Mass Flow Inlet* Untuk fluida inkompresibel, sebenarnya kondisi batas ini hampir sama dengan *velocity inlet*. Laju aliran massa merupakan perkalian antara kecepatan, luas penampang, dan massa jenis fluida. Pada

kondisi batas ini diperlukan nilai masukan berupa laju aliran massa fluida, tekanan statik gage, arah aliran, dan sifat turbulensi. Laju aliran massa akan selalu tetap sebesar nilai masukan sepanjang simulasi. Nilai tekanan statik nantinya akan dikoreksi oleh FLUENT sehingga dapat berbeda dari nilai awalnya.

c. *Pressure Outlet* Kondisi batas ini dipakai pada sisi keluar fluida. Kondisi batas ini dipilih apabila nilai tekanan statik pada sisi keluaran diketahui atau minimal dapat diperkirakan mendekati nilai sebenarnya. Pada kondisi batas ini diperlukan nilai masukan berupa tekanan statik, arah aliran, dan besaran turbulensi. Tekanan statik merupakan acuan pada bidang batas yang dipilih. Oleh karena itu, nilai tekanan statik akan selalu tetap selama iterasi transient.

d. *Pressure Inlet* Nilai tekanan total merupakan acuan pada kondisi batas ini. Tekanan total yang dimaksud adalah penjumlahan tekanan statik dan tekanan dinamik (faktor kecepatan). Dengan menggunakan kondisi batas ini, tekanan total akan memiliki nilai yang tetap sepanjang simulasi transient. Namun demikian, bagian dari tekanan total (tekanan statik dan dinamik) dapat berubah sebagai fungsi yang berbanding terbalik antara satu dengan yang lainnya.

e. *Outflow* Kondisi batas ini digunakan apabila parameter aliran pada keluaran sama sekali tidak diketahui. Kondisi batas ini hanya dapat digunakan untuk fluida inkompresibel dengan aliran berkembang penuh (*fully developed*). Kondisi batas ini tidak dapat digunakan bersamaan dengan *pressure outlet* atau *pressure inlet*.

f. *Wall* Seluruh dinding yang terdapat pada saluran (termasuk katup dan sudut) didefinisikan sebagai dinding. Tidak ada nilai yang harus dimasukkan pada kondisi batas ini apabila dinding tidak bergerak terhadap waktu.

g. *Continuum* *Kontinum* (volume yang dilewati aliran) harus didefinisikan. Jenis fluida dari kontinum dipilih berdasarkan fluida yang mengalir. Untuk kasus kontinum yang berputar terhadap waktu (misalnya:

kasus sliding mesh), maka titik asal putaran, arah putaran, dan besarnya kecepatan putar merupakan nilai yang harus dimasukkan.

2.8 Persyaratan Tekanan Air

Menurut Hau'Oni (2011), tekanan air adalah gaya yang mendesak air dalam dinding/wadah yang memuatnya (dinding pipa, dinding bak atau tempat penyimpanan air). Oleh sebab itu tekanan dikategorikan dalam dua jenis yaitu tekanan statis/hidrostatik dan tekanan dinamis/hidrodinamis. Tekanan statis/hidrostatik merupakan gaya dorong oleh air pada dinding-dinding pipa saat semua kran ditutup (air tidak mengalir dalam pipa). Tekanan dinamis/hidrodinamis merupakan gaya dorong oleh air pada dinding-dinding pipa saat kran dibuka (air mengalir dalam pipa).

Air yang dialirkan melalui pipa transmisi dan pipa distribusi didesain untuk dapat melayani konsumen hingga tempat yang terjauh, dengan tekanan air minimum sebesar 10 mka atau 1 atm. Dalam pendistribusian air, untuk dapat menjangkau seluruh area pelayanan dan untuk memaksimalkan tingkat pelayanan, maka hal wajib yang harus diperhatikan adalah sisa tekanan air. Sisa tekanan air tersebut paling rendah adalah 5 mka (meter kolom air) atau 0,5 atm (satu atm = 10 m) dan paling tinggi adalah 8 atm atau setara dengan 80m. Kecepatan aliran air dalam pipa berkisar antara 2 – 4,5 m/h. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan (Zamzami, 2018).

Persamaan Bernoulli untuk aliran dalam pipa ditunjukkan seperti di bawah ini:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e \quad (2.11)$$

Dimana :

z : elevasi (m)

γ : berat jenis air (kg/m^3)

g : gravitasi (m/det^2)

h_f : gesekan/mayor loss (m)

h_e : kehilangan tenaga akibat perubahan tampang/minor loss (m)

P : tekanan (atm atau mka)

V : kecepatan aliran (m/det)

h_f : kehilangan tenaga akibat gesekan/mayor loss (m)