

ANALISA ALIRAN UDARA DI KAMAR MESIN PADA KRI OSWALD SIAHAAN – 354 DENGAN PENDEKATAN CFD (COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS)

Sutrisno¹, Novi Shobi², Irfan Syarif Arief³

^{1,3,4} Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya Indonesia.

² Jurusan Teknik Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya

Abstrak

Temperatur udara kamar mesin di KRI Oswald Siahaan-354 setelah *repowering*, pada saat operasional rata-rata suhu mencapai 60°C – 65°C. Kondisi ini mempengaruhi untuk kerja peralatan dan operator permesinan yang ada di dalamnya. Sedangkan temperatur udara maksimal yang direkomendasikan berdasarkan *Llyods Register* adalah dibawah 45°C. Karena ruangan ini kedap dari hubungan luar maka sirkulasi udara keluar dan masuk kamar mesin dibantu secara mekanis untuk mencukupi kebutuhan udara. Oleh karena itu dibutuhkan suatu rancangan saluran udara masuk dan keluar untuk menjaga temperatur ruangan sesuai dengan standar aturan yang ditentukan. Dari rancangan sistem ducting saluran udara pada kamar mesin akan diperoleh aliran udara yang bersirkulasi di dalam kamar mesin. Pola aliran udara (temperatur, kecepatan, tekanan) dapat diketahui dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dengan simulasi CFD diharapkan dapat diketahui fenomena pola aliran udara di dalam kamar mesin, sehingga dapat diketahui sistem ventilasi yang dapat bekerja dengan optimal. Dimana dalam simulasi menggunakan CFD akan dilaksanakan simulasi pengkondisian udara sebanyak 6 (enam) kali variasi percobaan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan sistem ventilasi, saluran udara (*ducting*) yang cocok dan suplai udara yang cukup agar temperatur udara yang direkomendasikan tercapai. Sehingga pada akhirnya dapat ditentukan spesifikasi dan besarnya daya dan kapasitas *blowery* yang dibutuhkan.

Kata kunci: Sistem ducting, ventilasi, Simulasi CFD

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam jajaran Komando Armada RI Kawasan Timur kapal-kapal *Van Speijk* merupakan salah satu kekuatan yang sampai saat ini masih menjadi andalan dari TNI Angkatan Laut, untuk itu kehadirannya di Perairan Nusantara ini masih sangat diperlukan, hal ini karena Negara Indonesia merupakan Negara Kepulauan yang berdasar pada konvensi Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB).

Pada saat ini TNI Angkatan Laut, khususnya Komando Armada RI Kawasan Timur memiliki divisi kapal *Van Speijk* yang terdiri dari 6 (enam) kapal Perang Republik Indonesia (KRI) tipe *Van Speijk* yang memiliki tugas :

- a. Anti peperangan atas air
- b. Anti peperangan udara
- c. Anti peperangan bawah air
- d. Peperangan elektronika
- e. Kapal Pengawal

- f. Bantuansenjata
- g. Pengawasan dalam mendukung proteksi perikanan
- h. Pencarijejak
- i. Pencegahan masuknya obat terlarang
- j. Anti Penyelundupan
- k. Anti bajak laut

Semua KRI tipe *Van Speijk* ini telah mengalami perubahan sistem penggerak pokok dari mesin turbin uap digantikan dengan mesin diesel. Salah satu diantaranya KRI Oswald Siahaan-354 (OWA-354) untuk sistem pendorong pokoknya yang semula mesin turbin uap merk Zoelly and Curtis dengan daya 15.000 HP diganti dengan diesel merk S.E.M.T Pielstick tipe 12 PA6 B STC dengan daya 5.346 KW.

Untuk lima KRI class Ahmad Yani lainnya yang melaksanakan *repowering* yang sama dengan mesin diesel pendorong pokok namun tidak memiliki permasalahan temperatur pada ruang mesinnya. Dari survey yang dilaksanakan ke KRI Class Ahmad Yani lainnya

selama pasca *repowering* semua pesawat pendorong pokok, pesawat bantu dan sistem elektronika atau panel kontrolnya tidak pernah mengalami permasalahan seperti pada KRI OWA-354

Setelah pasca *repowering* KRI OWA-354 dalam pengoperasiannya mengalami perubahan kondisi temperatur ruang mesin yang menyebabkan suasana tidak nyaman dan berbahaya bagi pengoperasian pesawat-pesawat yang ada di ruang mesin terutama untuk sistem kontrol mesin pendorong pokok (*engine controller*) dan pesawat bantu lainnya. Sistem kontrol tersebut sangat riskan terhadap temperatur yang tinggi sehingga dapat menyebabkan sistem operasi mesin pendorong pokok dan pesawat bantu lainnya tidak bekerja dengan maksimal dan bahkan mesin tidak dapat dioperasikan meskipun kondisi mesin pendorong optimal.

Dengan suhu yang tinggi udara dalam kamar mesin akan memuai sehingga menyebabkan kandungan oksigen dalam udara tersebut menipis. Bila kandungan oksigen dalam udara yang dibutuhkan sebagai campuran bahan bakar pada proses pembakaran kurang, maka akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna dan menyebabkan daya yang dikeluarkan oleh mesin menurun. Hal inipun menyebabkan pesawat dan beberapa peralatan elektronik menjadi cepat rusak sehingga *life time*-nya menjadi berkurang dan tidak sesuai dengan *maintenance concept* yang dilaksanakan.

Hasil dugaan sementara *ambient temperature* yang naik ini disebabkan karena sistem ventilasi ruang mesin yang tidak sesuai dengan kebutuhan karena *supply fan* dan *exhaust fan* ruang mesin masih menggunakan yang lama seperti sebelum dilaksanakannya *repowering*. Sesuai dengan "*Rules and Regulations for the Classification of ships for Main and auxiliary machinery 2007 Llyods Register Part 5 Chapter 1*" bahwa temperatur yang diijinkan dalam kamar mesin tidak lebih dari 45°C, hal ini disebabkan oleh batas ambang pemuai udara adalah 45°C. Hal ini pun menyebabkan sistem operasi mesin pendorong pokok dan pesawat bantu lainnya tidak bekerja dengan maksimal dan bahkan mesin tidak dapat dioperasikan meskipun kondisi mesin pendorong optimal dan juga menyebabkan suasana tidak nyaman bagi personil yang bekerja di ruang mesin.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam proposal Tugas Akhir ini, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

- a. Apakah sistem saluran udara yang lama masih mampu menyuplai kebutuhan udara dalam ruang mesin.
- b. Apakah kapasitas blower yang terpasang saat ini masih mampu menjaga temperature ruang mesin pada kondisi yang ideal.
- c. Apakah dengan bantuan software CFD nantinya akan didapat model design ducting baru yang sesuai, untuk dipasang di Ruang Mesin KRI OWA-354.
- d. Berapakah spesifikasi blower yang cocok untuk ruang mesin KRI OWA-354 pasca *repowering* yang diperlukan untuk menyuplai udara, sehingga nantinya bisa diharapkan mampu menurunkan temperature ruang mesin KRI OWA-354 sesuai yang diijinkan.

1.3 Batasan Masalah

- a. Analisa yang dilakukan tidak membahas perencanaan konstruksi saluran udara dan ruang mesin beserta pesawat – pesawat yang ada secara detail.
- b. Data yang digunakan adalah data dari KRI Oswal Siahaan – 354.
- c. Analisa menggunakan simulasi CFD.
- d. Analisa aliran udara hanya sebatas didalam ruang mesin.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian rencana tugas akhir ini adalah :

- a. Menganalisa kondisi udara di dalam ruang mesin agar mencapai temperatur yang sesuai kebutuhan dengan mengacu pada "*Rules and Regulations for the Classification of ships for Main and auxiliary machinery 2007 Llyods Register Part 5 Chapter 1*" bahwa temperatur yang diijinkan dalam ruang mesin tidak lebih dari 45°C.
- b. Menentukan kapasitas blower yang diperlukan dan design ducting yang ideal agar mampu mendinginkan ruang mesin.
- c. Mengetahui bentuk aliran dan distribusi udara didalam ruang mesin setelah dilaksanan modifikasi sistem ducting dengan CFD.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah:

- a. Memberikan gambaran fenomena tentang kondisi udara di dalam ruang mesin yang terjadi saat ini.
- b. Menjadi bahan masukan bagi TNI Angkatan Laut dalam perancangan sistem ventilasi udara baru yang baik di dalam ruang mesin.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Kalkulasi Aliran Udara

Dalam ruang mesin terdapat mesin pokok dan beberapa mesin bantu. Panas merupakan efek samping dari pembakaran yang terjadi pada permesinan sehingga suhu dalam kamar mesin meningkat. Kenaikan temperatur dalam kamar mesin dapat mempengaruhi output peralatan dan operator permesinan. Dengan suhu yang tinggi udara dalam kamar mesin akan memuai sehingga menyebabkan kandungan oksigen dalam udara tersebut menipis. Bila kandungan oksigen

dalam udara yang dibutuhkan sebagai campuran bahan bakar pada proses pembakaran kurang, maka akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna sehingga menyebabkan daya yang dikeluarkan oleh mesin menurun. Jika temperature udara yang masuk kedalam mesin diesel rendah maka daya yang dihasilkan akan semakin besar. Dari Tabel 1. dapat diketahui dengan naiknya temperature udara maka densitas udara menjadi rendah.

Tabel 1 Density and Specific Weight of Air at Standard Atmospheric Pressure

No	Temperature - t - (°C)	Density - ρ - (kg/m³)	Specific Weight - γ - (N/m³)
1	2	3	4
1	-20	1,395	13,68
2	0	1,293	12,67
3	5	1,269	12,45
4	10	1,247	12,23
5	15	1,225	12,01
6	20	1,204	11,81
7	25	1,184	11,61
8	30	1,165	11,43
9	40	1,127	11,05
10	50	1,109	10,88
11	60	1,06	10,4
12	70	1,029	10,09
13	80	0,9996	9,803
14	90	0,9721	9,533
15	100	0,9461	9,278
16	200	0,7461	7,317
17	300	0,6159	6,04
18	400	0,5243	5,142
19	500	0,4565	4,477
20	1000	0,2772	2,719

Temperatur yang diijinkan dalam kamar mesin tidak lebih dari 45°C sesuai dengan "Rules and Regulations for the Classification of ships for Main and auxiliary

machinery 2007 Llyods Register Part 5 Chapter 1" bahwa temperatur yang diijinkan dalam kamar mesin tidak lebih dari 45°C, hal ini disebabkan oleh batas ambang pemuain

udara adalah 45°C. Untuk setiap peralatan biasanya sudah di rancang desain *lifetime*nya khususnya peralatan elektronika. Apabila terjadi kerusakan dalam waktu kurang dari *lifetime*nya maka perlu dicaritahu penyebab kerusakannya dan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan *lifetime* peralatan elektronika menjadi berkurang dari design *lifetime*nya.

Mesin dan peralatan yang berada di dalam kamar mesin mengeluarkan panas ketika beroperasi, untuk mengatasi panas tersebut, diperlukan udara yang disuplai dari luar kamar mesin oleh sistem ventilasi. Selain berfungsi untuk menyuplai udara segar kedalam kamar mesin, sistem ventilasi juga berfungsi untuk mensirkulasikan udara panas yang dikeluarkan oleh mesin dan peralatan keluar kamar mesin. Sehingga sistem ventilasi mampu menyuplai dan mensirkulasikan udara dengan baik di dalam kamar mesin. Tugas akhir ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisa kondisi udara di dalam kamar mesin melalui sistem ventilasi dan saluran udaranya sehingga didapatkan temperatur yang sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan simulasi CFD.

2.2 Komponen – Komponen Ventilasi

Sistem ventilasi dirancang untuk memenuhi kebutuhan udara dalam penggunaan untuk permesinan, untuk menjamin sirkulasi udara bersih. Selain sistem ventilasi secara natural juga dibutuhkan sistem ventilasi secara paksa. Sehingga suplai kebutuhan udara dalam kamar mesin mencukupi. Sistem ventilasi secara paksa / mekanis dengan menggunakan fan atau blower untuk menyuplai udara ke kamar mesin, di mana blower terdiri dari sentrifugal dan axial. Komponen – komponennya terdiri dari:

a. Fan, ada 2 tipe dari fan yaitu fan aliran axial dimana dipakai untuk ventilasi pada ruang muat, ruang mesin, dan tempat-tempat dimana suaranya tidak menjadi masalah. Tipe yang kedua adalah fan aliran sentrifugal, dimana dipakai pada ruang dapur, ruang baterai sebagai pengeluaran, dan daerah dimana uap harus dihilangkan.

b. *Weather terminal opening* yang biasanya dilengkapi kawat kasa untuk menahan tikus dan dibuat kedap air atau kedap cuaca tergantung pada lokasi dan tempatnya, terminal pengisian harus diletakkan di luar gas berbahaya, dan terminal udara pengeluaran atau gas buang tidak mengotori pengisian udara.

c. Terminal pengeluaran, letaknya tertutup dari sumber panas dan ujung saluran terbuka harus ditutup kawat kasa atau kisi-kisi. Terminal dalam ruang muat harus diberi pelindung dan balok-balok bulat untuk menahan agar muatan dalam ruang muat tidak mengalami kerusakan akibat saluran terminal.

d. Filter udara, memakai lapisan tipis metalik atau rol manual lubang masuk, sedangkan filter tanpa lapisan tipis untuk lubang pembuangan pada dapur agar memudahkan pembersihan saat pemeliharaan. Filter yang kotor atau kusut akan beresiko kebakaran cukup tinggi.

2.3 Pengaturan Ventilasi *Ducting*.

Pengaturan dalam ventilasi *ducting* meliputi penentuan jumlah fan/blower dan juga kapasitas dari fan/blower tersebut. Udara dari fan/blower ini kemudian didistribusikan ke kamar mesin dengan *ducting*. Ujung-ujung *ducting* harus diatur penempatannya sehingga udara luar dapat mencapai semua bagian kamar mesin dan tidak ada udara yang tidak bersirkulasi.

2.4 Jumlah Kebutuhan Udara Untuk Kamar Mesin

Design standart *Japanese Engineering Society* terhadap kebutuhan udara untuk kamar mesin dan sirkulasi udara segar rata-rata di kamar mesin untuk mempertahankan kesehatan lingkungan adalah:

- Ruang dengan disipasi panas : 20 kali volume ruangan per jam
- Ruang lainnya (workshop, dll) : 15 kali volume ruangan per jam

Ruang dibuka geladak sekeliling mesin induk dan di dalam *engine casing* yang lebih dari 2,5-meter diatas platform tidak dimasukkan dalam perhitungan ventilasi, karena ruang ini akan dimasukkan dalam *exhaust way*.

2.5 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor terdiri dari 3 bagian, yaitu:

- Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor terjadi jika pada suatu benda terdapat perbedaan/ gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian yang bertemperatur tinggi ke bagian yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas ini disebut perpindahan kalor secara konduksi karena media penghantarnya berupa benda padat/solid. Model matematikanya adalah:

$$Q = -K A \frac{\Delta t}{L} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana,
A = Luas penampang, (m²)

Δt = beda temperatur, (K^o)

L = panjang benda, (m)

K = daya hantar (*konduktivitas* termal) W/m.k

Daya hantar (*konduktivitas*) termal dan laju perpindahan kalor konduktif ditentukan oleh struktur molekul bahan. Semakin rapat susunan molekulnya maka akan semakin cepat pula perpindahan energinya dibandingkan dengan susunan yang renggang dan acak, yang biasanya terdapat pada bahan-bahan bukan logam.

b. Perpindahan kalor *konveksi*

Jika sebuah fluida lewat diatas permukaan padat panas, maka energi akan dipindahkan kepada fluida dari dinding oleh proses hantaran. Energi ini kemudian *dikonveksikan* dan difusikan melalui fluida oleh hantaran didalam fluida tersebut (Reynold, perkins, 1983). Perpindahan panas *konveksi* dinyatakan sebagai berikut :

$$q = h_c \cdot A (t_s - t_f) \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana,
 h_c = Koefisien *Konveksi*, W/m².^oC

t_s = Suhu permukaan, ^oC

t_f = Suhu Fluida, ^oC
c. Perpindahan kalor Radiasi

Perpindahan energi secara radiasi adalah perpindahan foton-foton yang dipancarkan dari suatu benda ke benda lainnya. Pada saat mencapai benda tersebut, foton-foton akan diserap, dipantulkan dan diteruskan (supratman Hara, 1992). Energi yang diradiasikan dari suatu permukaan ditentukan dalam bentuk daya pancar, yang secara termodinamika dapat dibuktikan bahwa daya pancar tersebut sebanding dengan pangkat empat suhu absolutnya. Untuk radiasi ideal, biasanya berupa benda hitam, daya pancar $E_b = (W/m^2)$ adalah :

$$E_b = \sigma \cdot T^4 \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana,
 σ = Koefisien Stefan Boltzman
= 5,669x 10⁻⁸W/m².k⁴
= Suhu absolut, ^oK

2.6 Design Sistem Ventilasi

Saluran yang dirancang untuk mengalirkan udara pada kondisi tekanan statik 50 mm H₂O dan kecepatan 10 m/s dinamai sebagai saluran udara standar. Untuk kondisi lebih rendah dari harga di atas, saluran tersebut termasuk golongan saluran udara kecepatan rendah (*low velocity air duct*). Sedangkan untuk kondisi lebih tinggi dari kondisi standar, termasuk saluran udara kecepatan tinggi (*high velocity air duct*).

Tabel 2 Tabel Pelat Saluran Berpenampang Segi Empat Dan Lingkaran Yang Disarankan

Tebal dinding (mm)	Saluran kecepatan rendah (15 m/detik dan lebih kecil)		Saluran kecepatan tinggi (lebih dari 15 m/detik)	
	Ukuran saluran segi empat (mm)	Ukuran saluran lingkaran (mm)	Ukuran saluran segi empat (mm)	Ukuran saluran lingkaran (mm)
0,5	- 450	- 500	-	-
0,6	460 - 750	510 - 700	-	-
0,8	760 - 1500	710 - 1000	- 450	- 450
1,0	1510 - 1800	1010 - 1250	460 - 1200	460 - 700
1,2	1810 -	-	1210 - 1800	710 - 1250

Sumber : Penyegaran Udara, Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, 2002

2.7 Kerugian Tekanan Sistem Saluran Udara.

Losses ducting (P_t) merupakan penjumlahan antara tekanan statik dengan tekanan dinamis. Perhitungan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_t = \Delta P_f + \Delta P_d + \Delta P_v \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

P_t = Kerugian tekanan total (kg/m² atau mm H₂O)

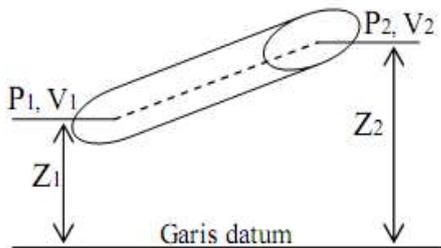
ΔP_f = Kerugian tekanan karena adanya tahanan gesek pada pipa lurus.

ΔP_d = Kerugian tekanan karena adanya tahanan aliran lokal.

ΔP_v = Kerugian tekanan karena adanya perubahan kecepatan aliran.

2.8 Tekanan Statik dan Dinamik.

Udara yang mengalir di dalam suatu saluran seperti pada Gambar 2.1, maka terdapat hubungan tingkat keadaan udara pada dua tempat di dalam saluran tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan :



Gambar 1 Aliran Dalam Pipa

$$P_1 + \frac{\gamma}{2g} V_1^2 + Z_1 \gamma = P_2 + \frac{\gamma}{2g} V_2^2 + Z_2 \gamma + \Delta P_e \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

- P = Tekanan, (kg/m²)
- γ = Berat jenis udara, (kg/m³)
- V = Kecepatan udara, (m/s)
- Z = Tinggi saluran terhadap datum, (m)
- g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

ΔP_e = Kerugian tekanan antara dua buah titik pada saluran (kg/m²).

Untuk perhitungan-perhitungan pada saluran udara yang terdapat pada sistem penyegar udara pada umumnya, maka suku yang mengandung faktor Z (energi potensial persatuan berat) pada Persamaan 2.9 dapat diabaikan, sehingga diperoleh hubungan :

$$P_1 + \frac{\gamma}{2g} V_1^2 = P_2 + \frac{\gamma}{2g} V_2^2 + \Delta P \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana :

- P = P_s = Tekanan statik
- $\frac{\gamma}{2g} V^2 = P_v$ = Tekanan dinamik

$$P + \frac{\gamma}{2g} V^2 = P_t = \text{Tekanan total}$$

2.9 Tahanan Gesek Saluran Udara.

Aliran Udara di dalam suatu saluran akan mengalami tahanan gesek. Hal ini biasanya terjadi pada belokan dan cabang saluran. Untuk mengalirkan udara melalui saluran, diperlukan daya upaya dapat mengatasi tahanan aliran tersebut. Dengan demikian tekanan udara akan berkurang sepanjang aliran di dalam saluran udara. Tahanan gesek dari pipa lurus dapat dengan persamaan 2.8 (Darcy-Weisbach),

$$\Delta P_f = \lambda \times \frac{l}{De} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2 \dots\dots\dots 2.8$$

8

Dimana:

- λ = Koefisien gesek dari pipa
- V = Kecepatan rata-rata udara dalam saluran (m/s)
- l = Panjang pipa lurus (m)
- γ = Berat jenis udara (kg/m³)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- De = Diameter ekuivalen pipa (m)

Biasanya sistem saluran udara banyak dipergunakan pipa saluran berpenampang segi empat maupun lingkaran. Untuk saluran udara segi empat besar diameter ekuivalennya menggunakan persamaan

$$De = \frac{4 \times ab}{2(a + b)}$$

a dan b adalah panjang sisi-sisi saluran segi empat tersebut (m). Koefisien gesek dalam pipa (λ), adalah fungsi dari bilangan *Reynolds* (Re) dan kekasaran relatif dari pipa (ϵ/d). Bilangan *Reynolds* merupakan parameter tanpa satuan,

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana :

- d = Diameter pipa (m)
- ν = Viskositas dinamis udara (m²/s) ; (Lihat Tabel 2.3)

Tabel 3 Viskositas Dinamis Dari Udara Dan Air.

Temperature (°C)	0	20	40	60	80	100
vudara(m ² /deti)	13, 2 x 10 ⁻⁶	15, 0	16, 9	18, 8	20, 9	23, 0
vair(m ² /detik)	1,7 9 x 10 ⁻⁶	1,0 1	0,6 6	0,4 8	0,2 7	0,2 9

Sumber : Penyegaran Udara/ Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, 2002

Tabel 4 Kekasaran Absolut Dari Beberapa Permukaan Saluran

Material	ε (mm)
Pipa halus	0,00015
Pipa aluminium	0,04 – 0,06
Pipa baja	0,045 – 0,15
Pipa baja galvanisasi	0,15
Pipa besi tempa	0,25
Pipa beton	1,0 – 3,0

Kekasaran relatif dari pipa (ϵ/d) adalah kekasaran rata-rata permukaan dalam dari saluran. Tabel 2.4 memberikan beberapa harga kekasaran absolut pipa. Untuk aliran laminar, harga λ dapat diketahui dengan Persamaan 2.31 dimana nilai $Re \leq 2.300$,

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

.....2.11

Untuk aliran *turbulen*, dapat dipergunakan persamaan *Moody* untuk mengetahui harga λ dengan Persamaan 2.11 dimana nilai $Re \geq 10.000$,

$$\lambda = 0,0055 \left[1 + \left(20000 \frac{\epsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

.....2.12

2.10 Daya Motor Penggerak.

Untuk menentukan berapa besar daya yang diperlukan oleh blower dapat dihitung dengan Persamaan 2.21 yaitu :

$$\text{Daya motor penggerak (kW)} = \frac{Q \times P_t}{6120 \times \eta}$$

.....2.18

Dimana :

Q = Kapasitas udara suplai,
(m³/menit)

P_t = Tekanan total,
(kg/m² atau mm H₂O)

η = Effisiensi blower.

2.11 Analisa Computational Fluid Dynamics

CFD adalah metode penghitungan, memprediksi, dan pendekatan aliran fluida secara numerik dengan bantuan komputer. Aliran fluida dalam kehidupan nyata memiliki banyak sekali jenis dan karakteristik tertentu yang begitu kompleks, CFD melakukan pendekatan dengan metode numerasi serta menggunakan persamaan-persamaan fluida.

CFD merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan meshing. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi atau *software*. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebutkan tadi atau meshing. Nantinya, pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan domain dan boundary condition yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer. Contoh lain penerapan

prinsip ini adalah *Finite Element Analysis (FEA)* yang digunakan untuk menghitung tegangan yang terjadi pada benda solid.

2.12 Pre-processor

Pre-processor meliputi masukan dari permasalahan aliran ke suatu program CFD dan transformasi dari masukan tersebut ke bentuk yang cocok digunakan oleh *Solver*. Langkah-langkah dalam tahap ini adalah sebagai berikut:

- a. Pendefinisian geometri yang dianalisa
- b. *Grid generation*, yaitu pembagian daerah domain menjadi bagian-bagian lebih kecil yang tidak tumpang tindih
- c. Seleksi fenomena fisik dan kimia yang perlu dimodelkan
- d. Pendefinisian properti fluida
- e. Pemilihan *boundary condition* (kondisi batas) pada kontrol volume atau sel yang berhimpit dengan batas domain
- f. Penyelesaian permasalahan aliran (kecepatan, tekanan, temperatur dan sebagainya) yang didefinisikan pada titik nodal dalam setiap sel.

2.13 Solver

Solver dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *finite difference*, finite element dan metode spectral. Secara umum metode *numeric Solver* tersebut terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Prediksi variabel aliran yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana.
- b. *Diskretisasi* dengan substitusi prediksi-prediksi tersebut menjadi persamaan-persamaan aliran utama yang berlaku dan kemudian melakukan manipulasi matematis.
- c. Penyelesaian persamaan aljabar. Pada proses *Solver*, terdapat 3 persamaan atur aliran fluida yang menyatakan hukum kekekalan fisika.

2.14 Post-Processor

Post processing merupakan tahap visualisasi dari tahapan sebelumnya. *Post processor* semakin berkembang dengan majunya *engineering workstation* yang mempunyai kemampuan grafik dan visualisasi cukup besar. Alat visualisasi tersebut antara lain:

- a. *Domain geometri dan display*
- b. *Plot vectore*
- c. *Plot kontour*
- d. *Plot 2D dan 3D surface*
- e. *Particle tracking*

- f. Manipulasi tampilan (translasi, skala dan sebagainya)
- g. Animasi display hasil dinamik

Dalam simulasi, model-model yang digunakan didiskretisasi dengan metode formulasi dan diselesaikan dengan menggunakan bermacam-macam algoritma numerik. Metode *diskretisasi* dan *algoritma* yang terbaik digunakan tergantung dari tipe masalah dan tingkat kedetailan yang dibutuhkan.

3. METOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Tahapan telaah pustaka dilaksanakan di awal penelitian dengan tujuan untuk memperoleh dasar-dasar teori dan berbagai informasi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Dalam hal ini telaah pustaka dilakukan melalui jurnal, paper, buku-buku, diskusi, panduan CFD dan media lain yang menunjang penulisan tugas akhir ini.

3.2 Survey Data

Survey dalam hal ini adalah pengambilan data-data yang dibutuhkan untuk pengolahan data seperti:

- a. Data ukuran kapal.
- b. Spesifikasi peralatan kapal.
- c. Pengukuran temperatur pesawat pesawat yang beroperasi, pada saat kapal melaksanakan pelayaran dengan asumsi kapal menggunakan balingan maksimal.

3.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari hasil survey data sehingga data tersebut dapat dijadikan acuan dalam proses berikutnya seperti permodelan dan perhitungan.

3.4 Permodelan sistem ventilasi dan model kamar mesin kapal

Permodelan sistem ventilasi dan model kamar mesin kapal menyiapkan model sistem ventilasi dan model kamar mesin dengan menggunakan bantuan *softwareCFX* dan data olahan dalam hal ini adalah data kordinat xyz. Setelah model terbentuk, kemudian dalam program ini dilakukan proses *pre-prosesor* yaitu dengan melakukan meshing dan memasukkan nilai input dan outputnya agar dapat dijalankan pada tahap berikutnya.

3.5 Running Model

Model disimulasikan dengan menggunakan program CFX untuk mendapatkan data baru hasil simulasi. Dimana setelah model valid maka dilakukan proses *solver* dan *post-processor*. Dari *post-processor*, maka dapat dilakukan proses visualisasi model terhadap variabel yang kita inginkan.

3.6 Analisa Data

Analisa data dilakukan pada hasil visualisasi yang didapatkan dari data hasil simulasi dengan bantuan *software* CFX.

3.7 Percobaan Pemodelan Saluran Udara

Percobaan pemodelan saluran udara ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas, kecepatan, dan tekanan udara pada saat keluar dari ujung-ujung ventilasi *ducting*. Percobaan menggunakan *software* CFX 13.0 dilakukan dalam 3 tahap, yaitu *pre-processor*, *solver*, *post-processor*. Dalam tahap awal, yaitu *pre-processor* masukan data dalam sub bagiannya terdiri dari beberapa langkah.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penyelesaian tahap *pre processor*:

- a. *Geometry Modelling*
- b. *Fluid Domains*
- c. *Boundary Conditions*
- d. *Initial Conditions*
- e. *Meshing*
- f. *Solver Control*
- g. *Definition File*
- h. *Result File*
- i.

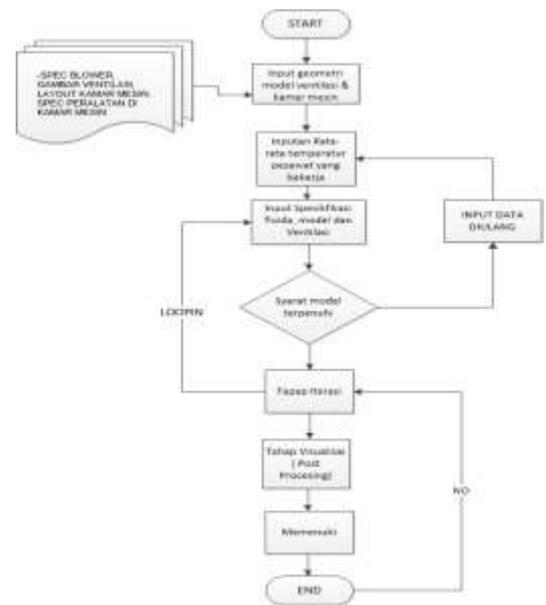
3.8 Percobaan Pemodelan Kamar Mesin

Percobaan pemodelan kamar mesin dilakukan untuk mengetahui kapasitas, kecepatan, dan tekanan udara di dalam kamar mesin. Percobaan menggunakan *software* CFX 13.0 dilakukan dalam 3 tahap, yaitu *pre-processor*, *solver*, *post-processor*. Dalam tahap awal, yaitu *pre-processor* masukan data dalam sub bagiannya terdiri dari beberapa langkah.

Berikut ini adalah langkah – langkah yang harus dilakukan dalam penyelesaian tahap *pre processor*:

- a. *Geometry Modelling*
- b. *Fluid Domains*
- c. *Boundary Conditions*
- d. *Initial Conditions*
- e. *Meshing*
- f. *Solver Control*
- g. *Definition File*

3.9 Diagram Alir Penyelesaian Masalah



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Sistem Udara Kamar Mesin

Dari pengambilan data yang dilaksanakan maka dapat diketahui berapa kecepatan dari tiap-tiap posisi. Data yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 5. Pengambilan Data Kecepatan Supply

P O S I S I	OUTLET DUCT		KECEPATAN SUPPLY FAN (V)				DEBIT UDARA (Q)	
			KANAN		KIRI		KA NA N	KIRI
	Pan jan g (m)	Leb ar (m)	KN OT	m/s	K N O T	m/s	m ³ /s	m ³ /s
1	0.35	0.15	35	18.0 0555 4	34	17.4 9111	0.94 52	0.91 82
2	0.4	0.18	30	15.4 3333 2	32	16.4 6222 1	1.11 12	1.18 528
3	0.4	0.18	29	14.9 1888 8	30	15.4 3333 2	1.07 416	1.11 12
1 knot : 0.5144444 M/S							3.13 056	3.21 47

Dari data yang di ambil dapat diketahui Total Debit Udara (*Q*) yang dialirkan oleh kedua *supply fan* untuk kebutuhan ruang mesin sebesar 7,314473 m³/s. Kemudian dilaksanakan pengukuran temperatur terhadap pesawat-pesawat yang beroperasi secara *kontinu/ steady state*.

4.2 Desain Kondisi Ventilasi

Persyaratan HVAC pada kapal tergantung dari data spesifik yang harus dikumpulkan sebelum perhitungan dilakukan. Adapun data-data menurut ISO 8861 adalah sebagai berikut :

Summer Temperatur :

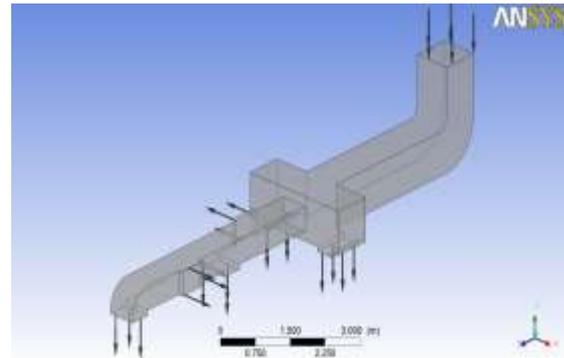
1. Outdoor Air 35° C dan 70% Humidity, the density of air $\rho = 1.13 \text{ Kg/m}^3$
2. Indor Air 38° C, Max. 45° C dan 70% Humidity
3. Sea Water 30° C

Kondisi udara desain berdasarkan data-data di atas dapat dilihat di diagram psikrometrik pada lampiran F. Saluran yang dirancang untuk mengalirkan udara pada kondisi tekanan statik 50 mm H₂O dan kecepatan 10 m/s dinamai sebagai saluran udara standar. Untuk kondisi lebih rendah dari harga di atas, saluran tersebut termasuk golongan saluran udara kecepatan rendah (*low velocity air duct*). Sedangkan untuk kondisi lebih tinggi dari kondisi standar, termasuk saluran udara kecepatan tinggi (*high velocity air duct*).

4.3 Tahap Analisa Dan Simulasi Kamar Mesin

Pada Tahap ini kami akan melaksanakan percobaan untuk menghasilkan solusi untuk mendapatkan bagaimana kondisi yang diharapkan agar ruang mesin nantinya bisa mencapai kondisi ruangan mesin yang diijinkan pada saat beroperasi. Namun untuk pertama tama kita akan mensimulasikan kondisi *riel* yang terjadi saat ini dengan menggunakan analisa CFD apakah simulasi ini sesuai atau tidak dengan keadaan *riel* dilapangan dimana rata-rata temperatur saat ini di ruang mesin apabila kapal sedang melaksanakan pelayaran dengan menggunakan mode engine dengan balingan penuh 1000 rpm adalah mencapai 65 °C. Pada Tabel 4.2 kita mendapatkan data hasil pengukuran pada kondisi *riel* bahwa didapat kecepatan rata-rata di tiap-tiap *Outlet duct* adalah :

- a. V 1 = 18 m/s
- b. V 2 = 15.4 m/s
- c. V 3 = 14.9 m/s
- d. V 4 = 17.5 m/s
- e. V 5 = 16.5 m/s
- f. V 6 = 15.4 m/s



Gambar 2. Model Simulasi Pada CFX Pre- Processor

4.4 Spesifikasi Kebutuhan Blower

Sebelum memilih blower yang akan di pasang terlebih dahulu harus memperhitungkan ketersediaan listrik di kapal. Apakah dapat mendukung kebutuhan daya untuk ke empat blower pada saat kapal melaksanakan pelayaran. KRI OWA-354 memiliki empat diesel generator dengan merk Caterpillar 3412 D. I dengan daya 356 KW. Kondisi sekarang ini, pada saat kapal berlayar digunakan dua diesel generator terhubung secara paralel dengan total daya 270 KW. Total daya yang ideal digunakan pada saat kapal berlayar dengan dua diesel generator adalah 70% dari 712 KW yaitu sebesar 534 KW. Ini berarti masih ada total daya sisa sebesar 264 KW yang dapat digunakan. Bila dilaksanakan penggantian baru empat blower yang akan di pasang maka masing-masing blower yang akan dipilih harus memiliki daya maksimal sebesar 66 kW (88,50746 HP).

Dengan memperhitungkan ketersediaan listrik di kapal dan biaya yang ekonomis maka spesifikasi blower yang direncanakan dipasang pada ruang mesin sebagai berikut:

- a. Merk : Hartzell Fan
- b. Tipe : Series 53CM– Marine Duty AxialFan
- c. Model : 53CM-487VA---STAIS4
- d. Diameter kipas : 48 inch
- e. Kapasitas udara : 57555,69m³/jam (33876cfm)
- f. Daya : 40 HP
- g. Putaran : 1180 Rpm
- h. Jumlah : 4 unit (2 untuk sisi isap dan 2 untuk sisi buang)

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, maka penulis dapat menyarankan sebagai berikut :

- a. Perlu diadakan kajian mengenai pemasukan nilai *meshing* pada model hendaknya sebanyak mungkin, karena akan mempengaruhi hasil yang akan keluar
- b. Kapasitas dan kemampuan komputer sangat mengaruhi dalam proses *running*, jadi diperlukan komputer spek tinggi
- c. Agar dalam hal ini bisa menjadi masukan buat TNI Angkatan Laut, bahwa telah dilaksanakan analisa menggunakan CFD pada ruang mesin KRI Oswald Siahaan – 354, agar dapatnya dilaksanakan penggantian sistem blower yang telah ada.
- d. Agar dilaksanakan analisa dari sisi lain mungkin dapat dari sistem konstruksi *engine room* di kapal atau sistem gas buang dengan tujuan untuk menyempurnakan analisa yang telah kami lakukan.

J.P. Holman & E. Jasjfi, (1994), "*Perpindahan Kalor*", Erlangga.

Robert W. FOX & Alan T. McDonald, (1994), "*Introduction to Fluid Mechanics*", Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.

ANSYS CFX Analysis Guide

ANSYS Basic Analysis Guide

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Surabaya atas segala dukungan dan kesempatan dalam penyelenggaraan penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada para reviewer dan tim editor untuk segala masukan sehingga membuat tulisan ini menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE Handbook.

ISO 8861, (1998), "*Shipbuilding – Engine-Room Ventilation in Diesel-Engined Ships – Design Requirements and Basis of Calculations*".

Technical and Research Bulletin No. 4-16, (1980), "*Merchant Ship Heating, Ventilation and Air Conditioning Design Calculations*". Ship Technical Operations Committee.

Wilbert F. Stoecker & Jerold W. Jones terjemahan oleh Supratman Hara, (1996), "*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*". Erlangga.

Rules and Regulations for the Classification of ships for Main and auxiliary machinery 2007 Llyods Register Part 5 Chapter 1 Wiranto Aris Munandar & Heizo Saito, (2002), "*Penyegaran Udara*", Pradnya Paramita.