

SKRIPSI

UJI PERFORMANSI SISTEM DUCTING PADA GELADAK KENDARAAN TERTUTUP KAPAL FERRY RO-RO LINTAS LEMBAR-PADANG BAI MENGGUNAKAN CFD

Disusun dan diajukan oleh:

**FACHRIAL NOVRI TRIYANDI
D091 19 1052**



**PROGRAM STUDI SARJANA SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

UJI PERFORMANSI SISTEM DUCTING PADA GELADAK KENDARAAN TERTUTUP KAPAL FERRY RO-RO LINTAS LEMBAR-PADANG BAI MENGGUNAKAN CFD

Disusun dan diajukan oleh

FACHRIAL NOVRI TRIYANDI
D091 19 1052

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 29 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Andi Husni Sitepu, S.T., M.T.
NIP 197702712001121001



M. Iqbal Nikmatullah, S.T., M.T.
NIP 198701312019031007



Dr.Eng. Ir. Faisal Mafnuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP 198102112005011003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Fachrial Novri Triyandi
NIM : D091191052
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Uji Performansi Sistem Ducting Pada Geladak Kendaraan Tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai Menggunakan CFD

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 29 September 2023

Yang Menyatakan



Fachrial Novri Triyandi
D091 19 1052



ABSTRAK

FACHRIAL NOVRI TRIYANDI. *Uji Performansi Sistem Ducting Pada Geladak Kendaraan Tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai Menggunakan CFD* (dibimbing oleh Andi Husni Sitepu, S.T., M.T., dan Muhammad Iqbal Nikmatullah, S.T.,M.T.)

Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar – Padang Bai memiliki konstruksi geladak kendaraan tertutup yang disebabkan oleh muatan (kendaraan) berada dibawah geladak kekuatan. Geladak kendaraan didesain sebagai ruang muat kedap air agar terlindungi dari iklim luar yang tidak menguntungkan, sehingga aktivitas dalam bangunan berjalan aman. Sistem *ducting* memegang peranan penting dalam pengkondisian udara geladak kendaraan tertutup, sistem ducting bekerja secara mekanik yang berfungsi memberikan suplai udara segar kedalam ruangan tertutup dan mengeluarkan udara panas dari dalam ruangan agar bersirkulasi sehingga temperatur udara dalam ruang sebagaimana diatur oleh *rules* BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) Vol.3 peraturan instalasi mesin Bab 1 tetap dalam rentang 0 °C sampai 45 °C. Tipe desain *ducting system existing* dipilih sebagai objek penelitian dikarenakan kapal masih dalam proyek pembangunan sehingga perubahan desain masih memungkinkan diajukan apabila ada bukti temuan ketidak sesuaian terhadap aturan konstruksi. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban panas, performa sistem *ducting*, dan desain alternatif *ducting existing* dengan pendekatan computational fluid dynamics (CFD) menggunakan software ANSYS R2 2022. Pada pengujian ducting system existing memberikan informasi bahwa desain *exhaust ducting system existing* menyebabkan turbulensi aliran udara sehingga *air terminals* terjauh tidak berfungsi menghisap udara dalam ruangan. Sehingga dibutuhkan dua desain *exhaust ducting system* alternatif untuk memenuhi aturan yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan pengaplikasian desain alternatif varian 2 *exhaust ducting system* mampu menurunkan temperatur *upper cardeck* menjadi 38,74 °C dan *lower cardeck* menjadi 32,75 °C atau temperature geladak kendaraan lah 13,5% dibandingkan desain *existing*.



ci ; kapal ferry ro-ro, geladak kendaraan tertutup, temperatur, *ducting*, as, *computational fluids dynamic (CFD)*, laju aliran massa.

ABSTRACT

FACHRIAL NOVRI TRIYANDI. *Ducting System Performance Test on Closed Vehicle Decks of Ro-Ro Ferry Lembar-Padang Bai Route Using CFD (supervised by Andi Husni Sitepu, S.T., M.T., and Muhammad Iqbal Nikmatullah, S.T.,M.T.)*

The Ro-Ro Ferry Lembar – Padang Bai Route has a closed vehicle deck construction due to the cargo (vehicle) being below the power deck. The vehicle deck is designed as a watertight loading space to protect it from unfavorable external climates, so that activities inside the building run safely. The ducting system plays an important role in air controlling on closed vehicle decks, the ducting system works mechanically with functions to provide a supply of fresh air into the closed room and remove hot air from inside the room so that it circulates so that the air temperature in the room is as regulated by BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) rules. The existing ducting system design type was chosen as the research object because the ship is still under construction so it is still possible to propose design changes if there is evidence of non-compliance with construction regulations. This research aims to determine the heat load, ducting system performance, and alternative designs for existing ducting using a computational fluid dynamics (CFD) approach using ANSYS 2022 R2. Initial simulation of existing ducting system provides information about the existing exhaust ducting system design causes air flow turbulence with that the furthest air terminals do not function to suck in indoor air. In this research two alternative exhaust ducting system designs are needed to meet the applicable regulations. The research results show that the application of the alternative design of variant 2 exhaust ducting system is able to reduce the upper cardeck temperature to 38.74 °C and the lower cardeck to 32.75 °C or the vehicle deck temperature is 13,5% lower than the existing design.

Keywords ; ro-ro ferries, closed vehicle decks, temperature, ducting, heat loads, computational fluids dynamics (CFD), mass flow rates.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
KATA PENGANTAR	xv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kapal Ferry Ro-Ro	4
2.2 Geladak Kendaraan.....	4
2.3 Pengkondisian Udara	4
2.3.1 Pengkondisian Udara Pada Geladak Kendaraan	6
2.3.2 Pengaturan Sistem Ventilasi	7
2.4 Kalor yang dibebaskan oleh muatan geladak kendaraan.....	8
2.4.1 Kendaraan Dengan Motor Bakar Pendorong.....	8
2.4.2 Temperatur Akhir Kendaraan dalam geladak kendaraan.....	8
2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)	9
2.5.1 Pre-processor	10
2.5.2 Solver	11
2.5.3 Post-processor.....	12
2.6 Neraca Massa.....	13
METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	15
Metode Penelitian	15
Alat dan Bahan	16
Prosedur Penelitian	17



3.3.1 Studi Literatur	17
3.3.2 Perumusan masalah	17
3.3.3 Pengumpulan Data.....	17
3.3.4 Perhitungan Beban Panas.....	21
3.3.5 Pemodelan Objek.....	21
3.3.6 Analisa CFD	26
3.3.7 Simulasi Sistem Ducting	26
3.3.8 Simulasi Upper Cardeck dan Lower Cardeck	30
3.4 Perhitungan Neraca Massa	33
3.5 Kerangka Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Perhitungan Kapasitas Blower.....	36
4.2 Simulasi Laju Aliran Massa Ducting Existing	37
4.2.1 Desain Existing Ducting Upper Cardeck.....	38
4.2.2 Desain Existing Ducting Lower cardeck.....	43
4.3 Desain Alternatif Exhaust Ducting.....	47
4.3.1 Varian 1 Alternatif Exhaust Ducting System.....	47
4.3.2 Varian 2 Alternatif Exhaust Ducting System	50
4.4 Perhitungan Beban Panas Kendaraan	53
4.5 Simulasi Performa Sistem Ducting Geladak Kendaraan.....	54
4.5.1 Simulasi Performa Sistem Ducting Geladak Kendaraan.....	54
4.5.2 Simulasi Performa Sistem Ducting Lower cardeck.....	58
4.6 Perhitungan Neraca Massa	61
4.6.1 Neraca Massa Supply Ducting Desain Existing.....	61
4.6.2 Neraca Massa Exhaust Ducting Desain Existing.....	62
4.6.3 Neraca Massa Exhaust Ducting Desain Alternatif Varian 1	62
4.6.4 Neraca Massa Exhaust Ducting Desain Alternatif Varian 2	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Diagram Neraca Massa	14
Gambar 2.	Lokasi Pengambilan Data Penelitian PT. IKI Jl.Galangan Kapal 31, Makassar 90221, Sulawesi Selatan	15
Gambar 3.	Lokasi Penelitian Ruang Labo Permesinan Kapal Gedung Naval A, Departemen Teknik Sistem Perkapalan	14
Gambar 4.	Halaman muka <i>software</i> AUTOCAD® 2021	16
Gambar 5.	Halaman muka <i>software</i> SOLIDWORKS 2022.....	16
Gambar 6.	Halaman muka <i>software</i> fluent Ansys 2022 R2	17
Gambar 7.	Rancangan PT. IKI <i>Ducting Blower Deck</i> Kendaraan. R.Bow <i>Thruster</i> , R.Kemudi Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai.....	18
Gambar 8.	Gambar Rencana Umum Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai	19
Gambar 9.	Model 3 Dimensi <i>upper cardeck</i> Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai	22
Gambar 10.	Model 3 Dimensi <i>lower cardeck</i> Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai	22
Gambar 11.	Model 3 Dimensi <i>Portside Ducting Supply</i> 1	22
Gambar 12.	Model 3 Dimensi <i>Portside Ducting Supply</i> 2	23
Gambar 13.	Model 3 Dimensi <i>Starboard Ducting Supply</i> 1	23
Gambar 14.	Model 3 Dimensi <i>Starboard Ducting Supply</i> 2	23
Gambar 15.	Model 3 Dimensi <i>Portside Ducting Supply lower cardeck</i>	24
Gambar 16.	Model 3 Dimensi <i>Portside Ducting Exhaust</i> 1.....	24
Gambar 17.	Model 3 Dimensi <i>Portside Ducting Exhaust</i> 2.....	24
Gambar 18.	Model 3 Dimensi <i>Starboard Ducting Exhaust</i> 1	25
Gambar 19.	Model 3 Dimensi <i>Starboard Ducting Exhaust</i> 2	25
	20. Model 3 Dimensi <i>Starboard Ducting Exhaust Lower Cardeck</i>	25
	21. <i>Geometry Ducting Existing</i>	26
	22. <i>Meshing Ducting Existing</i>	27



Gambar 23. <i>Setup Ducting Exhaust Existing</i>	28
Gambar 24. <i>Result Ducting Existing</i>	29
Gambar 25. <i>Geometry Ducting Existing Upper cardeck</i>	30
Gambar 26. <i>Geometry Ducting Existing Lower cardeck</i>	30
Gambar 27. <i>Geometry Ducting Existing Cardeck</i>	32
Gambar 28. <i>Result Geladak Kendaraan Existing</i>	33
Gambar 29. <i>Model 3 dimensi Exhaust Ducting Portside 1</i>	38
Gambar 30. <i>Import Geometry Exhaust Ducting Portside 1</i>	39
Gambar 31. <i>Meshing Geometry Exhaust Ducting Portside 1</i>	40
Gambar 32. <i>Konvergensi Exhaust Ducting Portside 1</i>	41
Gambar 33. <i>Result Exhaust Ducting Existing Portside 1</i>	41
Gambar 34. <i>Result Exhaust Ducting Existing Portside 2</i>	41
Gambar 35. <i>Result Exhaust Ducting Existing Starboard 2</i>	42
Gambar 36. <i>Result Supply Ducting Existing Starboard 1</i>	42
Gambar 37. <i>Result Supply Ducting Existing Portside 1</i>	42
Gambar 38. <i>Import Geometry Exhaust Ducting Lower Cardeck</i>	44
Gambar 39. <i>Meshing Exhaust Ducting Lower Cardeck</i>	44
Gambar 40. <i>Konvergensi Exhaust Ducting Existing Lower Cardeck</i>	45
Gambar 41. <i>Result Exhaust Ducting Lower Cardeck</i>	45
Gambar 42. <i>Result Supply Ducting Lower Cardeck</i>	45
Gambar 43. <i>Detail cabang exhaust ducting cardeck 1 portside dan starboard serta exhaust ducting. kiri (varian 1) kanan (existing)</i>	47
Gambar 44. <i>Detail cabang exhaust ducting 2 portside dan starboard kiri (varian 1) kanan (existing)</i>	47
Gambar 45. <i>Result Variant 1 Upper Cardeck Portside Exhaust Ducting 1</i>	48
Gambar 46. <i>Result Variant 1 Upper Cardeck Starboard Exhaust Ducting 1</i>	48
Gambar 47. <i>Result Variant 1 Upper Cardeck Portside Exhaust Ducting 2</i>	49
Gambar 48. <i>Result Variant 1 Upper Cardeck Starboard Exhaust Ducting 2</i>	49
Gambar 49. <i>Result Variant 1 Lower Cardeck Exhaust Ducting 2</i>	49
50. <i>Detail cabang exhaust ducting cardeck 1 portside dan starboard serta exhaust ducting sedan (varian 2)</i>	50
51. <i>Detail cabang exhaust ducting 2 portside dan starboard</i>	51



Gambar 52. <i>Result Variant 2 Cardeck Starboard Exhaust Ducting 1</i>	51
Gambar 53. <i>Result Variant 2 Cardeck Portside Exhaust Ducting 1</i>	52
Gambar 54. <i>Result Variant 2 Cardeck Starboard Exhaust Ducting 2</i>	52
Gambar 55. <i>Result Variant 2 Cardeck Starboard Exhaust Ducting 2</i>	52
Gambar 56. <i>Result Variant 2 Lower Cardeck Exhaust Ducting 2</i>	53
Gambar 57. <i>Result Performa Ducting Existing Upper Cardeck</i>	55
Gambar 58. <i>Result Performa Ducting Varian 1 Upper Cardeck</i>	55
Gambar 59. <i>Result Performa Ducting Varian 2 Upper Cardeck</i>	56
Gambar 60. Grafik Perubahan Temperatur <i>Upper Cardeck</i> terhadap Waktu	57
Gambar 61. <i>Result Performa Ducting Existing Lower cardeck</i>	58
Gambar 62. <i>Result Performa Ducting Varian 1 Lower cardeck</i>	58
Gambar 63. <i>Result Performa Ducting Varian 2 Lower cardeck</i>	59
Gambar 64. Grafik Perubahan Temperatur <i>Lower Cardeck</i> terhadap Waktu	60



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rules BKI Temperatur.....	14
Tabel 2. Pengamatan Cuaca BMKG Bulan September 2023	18
Tabel 3. Kapasitas Blower Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar padang Bai.....	20
Tabel 4. Spesifikasi Truk Karoseri.....	20
Tabel 5. Spesifikasi Elf Karoseri.....	20
Tabel 6. Spesifikasi Sedan.....	21
Tabel 7. Desain Geometri Model Pengujian.....	26
Tabel 8. <i>Setting Meshing</i> Model Pengujian.....	27
Tabel 9. Pengaturan <i>Setup Domain Ducting Exhaust</i>	28
Tabel 10. Pengaturan <i>Setup Solver</i> Model Pengujian.....	29
Tabel 11. Pengaturan <i>Meshing</i> Model Pengujian.....	31
Tabel 12. Pengaturan <i>Setup Solver</i> Model Pengujian.....	32
Tabel 13. Spesifikasi Blower.....	36
Tabel 14. Hasil Perhitungan Laju Aliran Massa Blower <i>Service Cardeck</i>	37
Tabel 15. <i>Mass Flow Rate Air Terminals Ducting Upper Cardeck Existing</i>	43
Tabel 16. <i>Mass Flow Rate Air Terminals Ducting Lower Cardeck Existing</i>	46
Tabel 17. <i>Mass Flow Rate Inlet Terminals Exhaust Ducting Cardeck</i> Varian 1...50	
Tabel 18. <i>Mass Flow Rate Inlet Terminals Exhaust Ducting Cardeck</i> Varian 2 ...53	
Tabel 19. Temperatur Akhir Muatan Geladak Kendaraan	55
Tabel 20. Neraca laju aliran massa <i>supply ducting existing</i>	54
Tabel 21. Neraca laju aliran massa <i>exhaust ducting existing</i>	57
Tabel 22. Neraca laju aliran massa <i>exhaust ducting</i> Varian 1.....	58
Tabel 23. Neraca laju aliran massa <i>exhaust ducting</i> Varian 2.....	58



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan	Satuan
°C	Derajat Celcius	(°C)
$\dot{m}_i$	Laju Aliran Massa Udara Masuk	(kg/s)
$\dot{m}_o$	Laju Aliran Massa Udara keluar	(kg/s)
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>	
cfm	<i>Cubic Feet per Minute</i>	(cfm)
c_p	Kalor jenis Benda	(J/kg. °C)
ΔT	Perbedaan Suhu Udara	(°C)
T_1	Suhu Udara awal	(°C)
T_2	Suhu Udara akhir	(°C)
Q	Beban Panas	(kkal)
Q	Debit Aliran	(m ³ /s)
g	Percepatan grafitasi bumi	(m/s ²)
PS	<i>Portside</i>	
SB	<i>Starboard</i>	



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Suhu Maksimum Selat Lombok Buletin Oktober 2023	69
Lampiran 2.	Muatan <i>Large Truck</i> Spesifikasi Teknis.....	70
Lampiran 3.	Muatan <i>Small Truck</i> Spesifikasi Teknis	71
Lampiran 4.	Muatan Sedan Spesifikasi Teknis.....	72
Lampiran 5.	Gambar <i>Part Ducting</i>	73
Lampiran 6.	Gambar Spesifikasi Teknis Blower	74
Lampiran 7.	Gambar Sistem <i>Ducting</i>	75
Lampiran 8.	Gambar <i>Ducting Mushroom Blower</i>	76
Lampiran 9.	Simulasi <i>Ansys Ducting Exhaust Portside 1</i>	78
Lampiran 10.	Simulasi <i>Ansys Ducting Exhaust Starboard 1</i>	78
Lampiran 11.	Simulasi <i>Ansys Ducting Exhaust Portside 2</i>	79
Lampiran 12.	Simulasi <i>Ansys Ducting Exhaust Starboard 2</i>	79
Lampiran 13.	Simulasi <i>Ansys Ducting Supply Starboard 1</i>	80
Lampiran 14.	Simulasi <i>Ansys Ducting Supply Portside 2</i>	80
Lampiran 15.	Simulasi <i>Ansys Ducting Supply Starboard 1</i>	81
Lampiran 16.	Simulasi <i>Ansys Ducting Supply Starboard 2</i>	82
Lampiran 17.	Simulasi <i>Ansys Ducting Exhaust Lower Cardeck</i>	83
Lampiran 18.	Simulasi <i>Ansys Ducting Supply Lower Cardeck</i>	83
Lampiran 19.	Model 3D Cabang <i>Exhaust Ducting Existing</i>	84
Lampiran 20.	Model 3D Cabang <i>Exhaust Ducting Varian 1</i>	84
Lampiran 21.	Model 3D Cabang <i>Exhaust Ducting Varian 2</i>	84
Lampiran 22.	Grafik Hasil Solver Control Simulasi pada <i>Upper Cardeck Desain Ducting Existing</i>	85
Lampiran 23.	Grafik Hasil Solver Control Simulasi pada <i>Upper Cardeck Desain Ducting Varian 1</i>	85
Lampiran 24.	Grafik Hasil Solver Control Simulasi pada <i>Upper Cardeck Desain Ducting Varian 2</i>	85
Lampiran 25.	Grafik Hasil Solver Control Simulasi pada <i>Lower Cardeck Desain Ducting Existing</i>	86



Lampiran 26. Grafik Hasil Solver Control Simulasi pada <i>Lower Cardeck Desain Ducting</i> Varian 1	86
Lampiran 27. Grafik Hasil Solver Control Simulasi pada <i>Lower Cardeck Desain Ducting</i> Varian 2	86
Lampiran 28. Tabel Temperatur Upper Cardeck Desain Ducting Existing.....	87
Lampiran 29. Tabel Temperatur Lower Cardeck Desain Ducting Existing	90



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh. Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, tak lupa *shalawat* dan salam di haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Serta kemauan dan upaya penulis hingga penyusunan skripsi yang berjudul “Uji Performansi Sistem Ducting Pada Geladak Kendaraan Tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai Menggunakan CFD” ini dapat terselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis mengakui skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, dikarenakan keterbatasan waktu, pengetahuan, dan kemampuan penulis sebagai manusia biasa. Untuk itu penyusun memohon maaf atas semua kekurangan dan kesalahan yang terjadi di dalam penyusunan skripsi. Penyusun juga berharap masukan dan saran agar kedepannya skripsi ini dapat disempurnakan menjadi lebih baik lagi.

Banyak pihak yang mendukung penyusunan skripsi ini, penulis secara moril dan. Oleh sebab itu penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada;

1. Ayah Iswandi dan Ibu Yusmini A.Md. Kep., Ns. orang tua penulis yang mendoakan, mendidik, dan mendukung serta memberikan kepercayaan penuh kepada penuluis dalam mengambil pilihan hidup.
 2. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin serta penguji I Skripsi ini;
 3. Bapak Andi Husni Sitepu, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang membantu penyusunan skripsi ini hingga selesai dan membagikan pengalaman dan pengetahuan sebagai *professional engineer*;
 4. Bapak Iqbal Nikmatullah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang memberi ruang diskusi dan tuntunan selama proses pengerjaan dan penyusunan skripsi terkait *software* yang digunakan dalam penelitian;
- Ibu Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen penguji II yang memberikan kritik dan saran yang membangun saat seminar;



6. Bapak Ir. H. Zulkifli, M.T. selaku pensihat akademik yang senantiasa meluangkan waktunya untuk pelajaran tambahan sebagai bekal penulis menghadapi dunia professional;
7. Seluruh dosen pendidik Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan;
8. Lutfinanda Amary Septiyandi dan Syafitra Dwi Reski Andi kakak kandung penulis yang memberikan dukungan moril dan material;
9. Teman-teman KORTNOZZLE yang pertama kali menerima dan memperkenalkan penulis tentang Sulawesi Selatan, serta menolong penulis dalam setiap momen duka maupun senang selama masa perkuliahan;
10. Nurhalim Dwi Putra, Muhammd Ainul Ismawan, Rachmat Zakaria Ilyas, Muhammad Farhan, dan Rafayza Al Rayhan yang menjadi rekan diskusi skripsi perkuliahan dan berproses lomba KKCTBN 2022 juga kebersamai dalam kerja praktik;
11. Teman-teman KKN Tematik 108 PUPR GOWA 2022 Posko 21 Desa Toddotoa yang telah memberikan pengalaman menarik selama KKN;
12. Kanda-kanda senior yang memberikan proses dan dedikasi penuh OKSP FT-UH sehingga penulis mampu berkembang;
13. Dinda-dinda yang turut serta membatu setiap kegiatan seminar penulis.

Semoga skripsi yang telah disusun dapat memberi kemudahan bagi penulis untuk mendapatkan gelar sarjana dan penelitian ini dapat digunakan sebagaimana mestinya sehingga menjadi referensi kedepannya. Segala kekurangan dalam penelitian ini diharapkan menjadi pembelajaran kedepannya.

Gowa, 27 Oktober 2023

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan kapal baru jenis Ferry Ro-Ro Lintas Lembar – Padang Bai proyek PT. Angkutan Sungai, Danau, dan Penyebrangan Indonesia Ferry (PT.ASDP) yang dibangun oleh PT Industri Kapal Indonesia (PT. IKI) merupakan agenda yang akan selesai di tahun 2023. Kapal ini berfungsi sebagai transportasi penghubung pulau yang dipisahkan oleh selat Lombok trayek Pelabuhan Lembar di kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Timur ke Pelabuhan Padang Bai di kabupaten Karangasem, Provinsi Bali.

Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar – Padang Bai memiliki konstruksi geladak kendaraan tertutup yang disebabkan oleh muatan (kendaraan) berada dibawah geladak kekuatan. Geladak kendaraan ini terdiri dua tingkatan, yang pertama dan terhubung dengan pintu rampa (*ramp door*) yaitu *upper cardeck* memiliki tinggi ruangan 4,8 meter untuk kendaraan besar seperti truk sebagai prioritasnya; tingkatan kedua adalah *lower cardeck* yang berada dibawahnya memiliki tinggi ruangan 3,1 meter diprioritaskan untuk kendaraan yang kurang dari 2,1 meter seperti sedan.

Selayaknya bangunan akan berefek memberi ruang beraktifitas yang nyaman (termasuk nyaman termal) kepada manusia sebagai penggunaanya sehingga aktivitas dalam bangunan dapat berjalan optimal. Kapal yang merupakan moda transportasi favorit negara kepulauan seperti Indonesia juga tidak luput dari pengaruh termal sehingga dibutuhkan sistem pengkondisian udara pada ruang tertutup dalam kapal (Mannan,2007;Sugini, 2004).

Pengkondisian Udara dalam kapal adalah proses penggantian udara kotor dengan udara segar dari luar ke berbagai ruangan (*compartment*) kapal dengan tujuan untuk mempertahankan kebutuhan susunan kimia dan kelembaban udara di dalam ruangan kapal. Sistem pengkondisian udara yang digunakan untuk suplai

g udara pada geladak kendaraan yang dirancang pada proyek bangunan milik PT. ASDP (Persero) yang dibangun di PT. IKI (Persero), dan sistem pengkondisian udara mekanikal, pemilihan sistem mekanikal



ini disebabkan oleh konstruksi geladak kendaraan yang tertutup menyeluruh tanpa adanya bukaan ventilasi natural pada sisi geladak kendaraan (Utomo, 2007).

Kegiatan suplai dan buang udara dilakukan secara integrasi antar *blower* dan *ducting* (saluran udara), saat udara segar dari luar *compartement* disuplai masuk oleh *supply ducting* untuk kebutuhan udara pada geladak kendaraan, maka untuk membuang udara panas dari geladak kendaraan dilakukan penghisapan keluar melalui *exhaust ducting* agar temperatur udara tetap sesuai standar.

Temperatur udara dalam ruang tertutup yang diatur pada *rules* BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) Vol.3 peraturan instalasi mesin Bab 1 adalah 0°C sampai 45°C. Tentunya pada geladak kendaraan tertutup perlu ventilasi agar mampu mengatur temperatur didalamnya yang diatur oleh *rules* BKI (biro klasifikasi indonesia) regulasi untuk sistem ventilasi pada pelayaran kapal laut edisi 2004 section 2 regulasi untuk instalasi dan ruang kapal tertentu pasal 8 ruang untuk transportasi muatan dengan bahan bakar pendorong pada tangki kendaraan bermotor dan ruangan kapal ro-ro; 8.1.1 Ventilasi mekanikal harus disediakan; 8.6.1 pada kapal penumpang yang membawa lebih dari 36 orang maka ruang muat minimal dilengkapi sistem ventilasi mekanikal 10 pergantian udara per jam.

Untuk menguji performa sistem ducting geladak kendaraan proyek bangunan baru yang telah dirancang pihak galangan maka penelitian ini dilakukan dengan membuat model 3D pada *software* SolidWorks 2022 untuk persiapan geometri yang kemudian akan disimulasikan dengan *software* ANSYS R2 2022 untuk mengetahui aliran fluida menggunakan pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apa saja beban panas yang mempengaruhi temperatur geladak kendaraan tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai ?
 2. Bagaimana performa desain sistem *ducting existing* geladak kendaraan rtutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai ?
- Bagaimana performa desain alternatif sistem *ducting* geladak kendaraan rtutup Kapal Ferry Ro-Ro Lembar - Padang Bai ?



1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun Tujuan masalah penulisan skripsi ini adalah :

1. Mengetahui beban panas yang mempengaruhi temperatur geladak kendaraan tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai.
2. Mengetahui performa desain *existing* sistem *ducting* menjaga temperatur geladak kendaraan tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai.
3. Mengetahui performa desain alternatif sistem *ducting* menjaga temperatur geladak kendaraan tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar - Padang Bai.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Menambah wawasan tentang saluran udara (*ducting*) geladak kendaraan tertutup untuk sistem suplai-buang udara dan menjaga temperatur geladak kendaraan.
2. Sebagai referensi analisa CFD pengkondisian udara geladak kendaraan tertutup kapal penumpang & kendaraan menggunakan sistem *ducting*.
3. PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi perancangan sistem *ducting* pada geladak tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar – Padang Bai.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Dari permasalahan diatas yang harus diketahui penyelesaiannya maka diperlukan ruang lingkup sebagai batasan penelitian agar pembahasan tidak meulas dan terfokus, sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada objek penelitian *design existing* Geladak Kendaraan tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai.
 2. Analisa dilakukan pada geladak kendaraan tertutup Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai dengan Computational Fluids Dynamics (CFD).
 3. Kapasitas blower sesuai dengan yang sudah ditentukan pada spesifikasi knis untuk Geladak Kendaraan Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar-Padang Bai.
- validasi terkait hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan konsep hukum kekekalan massa.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Ferry Ro-Ro

Kapal Ferry Ro-Ro / *Roll on roll off* adalah kapal laut yang digunakan untuk transportasi penumpang dan muatan kendaraan yang dilengkapi dengan pintu rampa / *ramp door* yang terdapat pada bagian haluan / *bow* (depan) dan juga pada bagian buritan / *stern* (belakang) sebagai penghubung geladak kendaraan atau *Car Deck* dengan *moveable bridge* / dermaga apung ke dermaga (Yunanto W.D., dkk., 2014).

2.2 Geladak Kendaraan

Geladak Kendaraan atau *car deck* adalah salah satu geladak pada kapal ferry berbentuk ruangan yang dikhususkan untuk memuat kendaraan. (Harry P., dkk., 2020). Pada kapal ferry Ro-Ro Lembar-Padang Bai terdapat geladak sedan, pada bagian *lower floor* didepan kamar mesin dan geladak kendaraan di atasnya yang dihubungkan dengan *internal ramp*. Geladak kendaraan pada kapal ini memiliki konstruksi tertutup, hanya ada bukaan pada geladak kendaraan yaitu *bow ramp door* dan *stern ramp door* yang tertutup menyeluruh ketika dalam pelayaran.

2.3 Pengkondisian Udara

Menurut (Baharuddin, dkk., 2011) Pengkondisian udara dapat dikatakan sebagai suatu proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak untuk mencapai kondisi nyaman. Teknik pengkondisian juga mencakup pemanasan atau penghangatan, pengaturan kecepatan, radiasi termal, kualitas udara, seperti pengisian partikel-partikel dan uap-uap pengatur.

Tujuan utama *marine heating, ventilation and air conditioning* (HVAC) *systems* ialah untuk menyediakan kenyamanan dan ruangan sehat untuk awak kapal penumpang, dan tujuan ini dapat dipenuhi dengan memperhatikan kebutuhan dan kemudian menyiapkan perhitungan beban untuk memenuhi (SNAME, 1980).



Tabel 1. Rules BKI Temperatur

pada tekanan atmosfer = 1000 mbar dan kelembaban relatif = 60%		
Instalasi, komponen	Lokasi, pengaturan	Kisaran Temperatur [°C]
Instalasi Permesinan dan Kelistrikan ¹⁾	dalam ruang tertutup	²⁾ 0 °C sampai 45 °C
	pada komponen permesinan, boiler	Sesuai dengan kondisi lokal tertentu
	di dalam ruangan, subyek terhadap temperatur yang lebih tinggi atau lebih rendah	
	di geladak terbuka	+ 25 °C sampai + 45 °C

¹⁾ Peralatan elektronik harus dirancang dan diuji untuk memastikan operasi bebas masalah bahkan pada temperatur udara konstan +55 °C

²⁾ BKI dapat menyetujui temperatur udara lebih rendah untuk kapal yang dirancang hanya untuk beroperasi di wilayah geografis tertentu.

Sumber : BKI Vol.3 peraturan instalasi mesin Bab 1

Saluran udara (*ducting*) dan lokasi bukaan suplai udara dan udara buang harus dibuat sesuai dengan desain kapal tertentu, perkiraan penanganan muatan dan emisi gas buang di wilayah kerja. Hal berikut ini umumnya berlaku, berdasarkan Annex B.5 Pertimbangan umum untuk sistem ventilasi dan saluran ISO 9785:2022 Ventilasi ruang kargo tempat kendaraan dengan mesin pembakaran internal dikendaraan- Perhitungan total aliran udara teoritis yang diperlukan :

1. Suplai udara dan pembuangan udara harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga ventilasi akan terkonsentrasi pada area yang emisi gas buangnya sangat tinggi dan tempat awak kapal bekerja.
2. Suplai udara dan pembuangan udara juga harus ditempatkan, sedapat mungkin, di mana tidak akan terhalang oleh muatan atau dilindungi oleh pelat web, rangka, dan lain-lain.



n suplai udara dan pembuangan udara harus dirancang sedemikian rupa ga kecepatan udara maksimum di bukaan tersebut tidak melebihi 10 m/s.

4. Pertimbangan harus diberikan pada kemungkinan adanya zona tidak berventilasi yang tertutup di belakang objek, dan juga fakta bahwa gas buang mudah terakumulasi di dataran rendah dan di bawah kendaraan.
5. Aliran udara akan mengikuti jalur yang hambatannya paling kecil, dan sebagian besar udara akan mengalir di ruang terbuka, seperti di atas kargo, kendaraan, dll.
6. Tindakan-tindakan harus diambil untuk mencegah polusi udara dari ruang kargo menyebar ke ruang-ruang yang bersebelahan dimana orang dapat terpapar, seperti akomodasi, ruang mesin, dan lain-lain.

2.3.1 Pengkondisian Udara Pada Geladak Kendaraan

Di dalam geladak kendaraan terdapat muatan utama yaitu kendaraan baik roda dua hingga bus pariwisata besar, serta pesawat bantu lainnya yang menunjang kegiatan yang ada pada geladak kendaraan. Ketika peralatan dan kendaraan masuk ke geladak panas mesin penggerakannya akan terperangkap, maka kondisi geladak kendaraan akan menjadi panas. Untuk mengatasi panas tersebut maka diperlukan sistem ventilasi yang berfungsi sebagai penyuplai udara segar ke dalam geladak kendaraan dan juga untuk mensirkulasikan udara panas yang di keluarkan kendaraan dan peralatan keluar geladak kendaraan, sehingga suhu di geladak kendaraan tidak melebihi 45°C atau lebih 5°C dari suhu udara luar (BKI Vol A Sec 8, 2004).

Sistem ini penting untuk pengkondisian udara, berdasarkan konstruksinya ventilasi geladak kendaraan dapat dibedakan menjadi dua yaitu ventilasi geladak kendaraan terbuka dan ventilasi geladak tertutup. “Bukaan ventilasi pada pelat lambung tidak boleh dibawah garis geladak lambung timbul yang bagian terendahnya tidak boleh dibawah garis muat”, Pasal 24, ayat (3) *Peraturan Menteri Perhubungan No.KM 3 Tahun 2005 tentang lambung timbul* (Indonesia).

A. Sistem Ventilasi Terbuka

Pengkondisian udara pada geladak kendaraan terbuka terjadi secara alamiah karena adanya sistem ventilasi alamiah (*natural ventilation*), dengan memanfaatkan



a aliran udara yang terjadi karena perbedaan temperatur. Suplai udara baru tilasi alamiah di geladak kendaraan terjadi karena adanya bukaan pada si lambung geladak kendaraan untuk masuk keluarnya udara, dimana

aliran udara ini terjadi dengan sendirinya sebagai akibat perbedaan tekanan udara luar dengan tekanan udara di dalam geladak kendaraan.

Syarat-syarat yang diperlukan dalam ventilasi alamiah ialah :

1. Dibuat Lubang angin untuk masing-masing ruangan kapal sebagai jalan keluar masuknya udara.
2. Adanya perbedaan temperatur antara udara di dalam ruangan kapal dengan udara luar atau perbedaan tekanan udara (Utomo B, 2007).

B. Sistem Ventilasi Tertutup

Pengkondisian udara pada geladak kendaraan tertutup terjadi secara mekanis dengan menggunakan sistem ventilasi mekanikal (*mecanical ventilation*), gerak udara dibantu oleh adanya kipas (*blower*) atau alat lainnya yang membuat pergerakan udara buatan. Udara juga dapat dialirkan melalui pipa-pipa saluran udara yang berbentuk persegi empat (*ducting*) yang mempunyai cabang-cabang yang sempit untuk memasukkan udara luar ke dalam ruangan kapal (*supply*) dan mengeluarkan udara dari dalam ruangan kapal (*exhaust*) (Utomo B., 2007).

Sehingga *ducting* yang dibutuhkan dalam ventilasi geladak kendaraan tertutup kapal ferry ro-ro lintas lembar-padang bai harus mendukung *supply-exhaust ventilation system* yang mampu suplai dan buang udara yang dibutuhkan geladak kendaraan dengan menggunakan *blower*.

Proses ini dimulai dengan *supply ventilation*, udara segar masuk kedalam geladak kendaraan melalui *ducting* berupa aliran tidak bebas pada cabang *ducting* yang ditujukan pada masing-masing, setelah bersirkulasi di dalam geladak kendaraan kemudian udara segar yang berubah panas tersebut mengalami penyusutan tekanan dan kepadatan udaranya sehingga di buang keluar melalui *exhaust vantilation* (Utomo B., 2007).

2.3.2 Pengaturan Sistem Ventilasi

Pengaturan dalam *ventilating duct system* meliputi penentuan jumlah blower dan juga kapasitas dari blower tersebut. Udara dari blower tersebut kemudian disalurkan ke geladak kendaraan dengan *ducting*. Kisi-kisi (*air terminals*) harus ditempatkannya sehingga udara luar dapat mencapai semua bagian geladak kendaraan dan tidak ada udara yang tidak bersirkulasi (BKI Vol A Sec 8, 2004).



Sedangkan jumlah kebutuhan udara untuk geladak kendaraan dan sirkulasi udara segar rata-rata di geladak kendaraan adalah :

1. laju aliran udara di kisi-kisi *ducting* tidak boleh melebihi 10 m/s;
2. kapal penumpang yang berlayar membawa lebih dari 36 penumpang, maka geladak kendaraan tertutup harus dilengkapi dengan sistem ventilasi mekanikal yang dirancang minimal 10 pergantian udara per jam.

2.4 Kalor yang dibebaskan oleh muatan geladak kendaraan

2.4.1 Kendaraan Dengan Motor Bakar Pendorong

Muatan cargo kapal ferry ro-ro lintas lembar-padang bai adalah kendaraan yang memiliki mesin untuk penggerakannya sendiri saat proses muat ke dalam geladak kapal ferry. Ketika mesin kendaraan bekerja terjadi proses pembakaran bahan bakar dalam ruang mesin sehingga menghasilkan beban panas yang sebanding dengan besar daya yang dihasilkan mesin itu sendiri. Merujuk ke jurnal SNAME buletin 4-16 tentang *Recommendation Practice for Ship Heating, Ventilation & Air Conditioning Design Calculations* beban panas yang dibebaskan oleh mesin kendaraan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = 0,02 N_e \times g_c \times Q_f \quad (1)$$

Dimana :

N_e = Daya main Engine, HP

g_c = *Specific fuel oil consumption*, kg/HP.hr

Q_f = *Caloric value of petrol fuel* ($D_0 = 10055.75$ kkal/kg)

2.4.2 Temperatur Akhir Kendaraan dalam geladak kendaraan

Beban panas (Q) yang telah didapatkan dari kendaraan dengan motor bakar pendorong kemudian disubstitusikan pada rumus perpindahan kalor dengan mencari perubahan temperatur untuk mendapatkan temperatur akhir kendaraan. Adapun beban panas yang dibebaskan oleh kendaraan dapat dihitung dengan

n:

$$Q = m \times c_p \times (T_2 - T_1) \quad (2)$$

$$T_2 = \left(\frac{Q}{m \times c_p} \right) + T_1 \quad (3)$$



Dimana :

m	= massa benda yang melepas kalor (kg)
c_p	= kalor jenis <i>chrome steel</i> (460 J/kg °C)
ΔT	= Perubahan Temperatur ($T_2 - T_1$)
T_1	= <i>Ambient temperature</i> (30 °C)
T_2	= Temperatur Akhir (°C)

2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah pemanfaatan komputer untuk menghasilkan informasi tentang bagaimana fluida mengalir pada kondisi tertentu. CFD digunakan untuk membuat prediksi aliran fluida di dalam suatu sistem tertentu pada suatu kondisi yang ditentukan. CFD mencakup berbagai disiplin ilmu termasuk matematika, ilmu komputer, fisika dan teknik. Pemanfaatan software CFD untuk membantu proses perancangan dengan melakukan simulasi sederhana yang dapat dibandingkan dengan konsep teori saat ini semakin meningkat dikalangan praktisi dan akademisi (Widiawaty et al., 2016).

CFD banyak digunakan untuk menyelidiki pola aliran, penurunan tekanan melintasi saluran dan lintasan partikel dalam berbagai peralatan. CFD dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan geometri atau yang ada kesalahan kinerja seperti erosi material *ducting* karena partikel abu, ketidakseragaman aliran pada masuknya bundel tabung. Seperti masalah dapat menyebabkan efisiensi peralatan yang lebih rendah. Analisisnya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS FLUENT® 2022 R2. Fluent telah diterapkan secara luas di seluruh dunia untuk berbagai hal aplikasi teknik. Lancar menyelesaikan secara numerik persamaan Navier-Stokes (dinamika fluida fundamental persamaan yang mengatur). Pemodelan fase diskrit dilakukan dengan pendekatan DPM Multiphase (Naveen J & Krishna, 2017).

CFD merupakan penghitungan yang mengkhususkan pada fluida. Mulai dari aliran fluida, *heat transfer* dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Atas prinsip-lasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa, serta penghitungan dengan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses ragan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol



penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan - persamaan ini adalah persamaan yang membangkitkan dengan memasukan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition*. *Boundary condition* atau kondisi batas adalah kondisi dimana kontrol-kontrol penghitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol - kontrol penghitungan yang berdekatan dan terlibat.

Dalam tugas akhir ini akan digunakan software Ansys CFX versi 15.0 dengan kemampuan untuk menyajikan beberapa besaran dalam analisa fluida seperti suhu tekanan, kecepatan aliran udara. Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama yaitu :

1. Pre-processor
2. Solver
3. Post-processor

2.5.1 Pre-processor

Tahap ini merupakan tahap awal dalam membuat dan menganalisa sebuah model dengan menggunakan metode CFD (Computational Fluid Dynamics). Dalam tahap ini dibagi menjadi beberapa sub-tahapan yaitu:

- Pembuatan Geometri Region yang telah di buat menggunakan *software Solidworks 2022*, model geladak kendaraan berdasarkan gambar rencana umum
- Pembuatan domain dengan *space claim* menggunakan geometri yang di *import*. Sifat diubah sebagai *fluid* untuk computer membaca fenomena simulasi yang terjadi
- Pemilihan fenomena fisik yang perlu dimodelkan
- Definisi properties fluida
- Spesifikasikan kondisi batas yang sesuai pada sel-sel yang berhimpit dengan batas domain

Pembuatan *mesh*, dengan menggunakan software ANSYS 2022 Fluent with Meshing (Putra & Wailanduw, 2022).



2.5.2 Solver

Penentuan solver dilakukan agar kondisi pengujian mendekati kondisi sesungguhnya seperti penentuan tipe solver (3D), menentukan model laminar (viscous model), meng-input material dengan fluid (air) dan solid (Aluminium & steel), menentukan kondisi batas (boundary condition) dari desain yang dibuat dengan bagian kisi udara masuk (*inlet terminals*) dijadikan velocity inlet, bagian kisi udara buang (*outlet terminals*) dijadikan pressure outlet, bagian dinding dijadikan wall. Solution control juga diatur dalam penentuan solver. Penentuan metode maupun material solver yang akan digunakan untuk running model simulasi harus disesuaikan dengan validasi model, sehingga hasil dari running nantinya hampir menyerupai kondisi aslinya.

Kondisi-kondisi yang telah ditetapkan pada saat pre-processing akan dihitung (diiterasi). Apabila proses iterasi tercapai hasil yang konvergen dengan efisiensi waktu dalam proses running yang maksimal, kemudian dilanjutkan pada tahap post-processing. Apabila hasil iterasi tidak tercapai perlu kembali ke tahap pembuatan meshing untuk memperbaiki mesh (Putra & Wailanduw, 2022).

Terdapat 3 macam teknik solusi numerik yaitu beda hingga (*finite difference*), elemen hingga (*finite element*) dan metode spectral, Perbedaan ketiga metode tersebut adalah sebagai berikut :

- Metode Beda Hingga (*Finite Difference Method*)

Menggambar variabel tidak diketahui Φ sebuah problem aliran dengan cara sampel-sampel titik pada titik-titik nodal sebuah grid dari garis koordinat. Ekspansi Deret Taylor terpotong sering dipakai untuk membangun aproksimasi-aproksimasi beda hingga derivative Φ dalam suku-suku sampel - sampel titik Φ di masing-masing titik grid dan tetangga terdekat. Derivatif tersebut muncul dalam persamaan atur digantikan oleh beda hingga menghasilkan persamaan aljabar untuk nilai-nilai Φ di setiap titik grid.

- Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

lenggunakan fungsi - fungsi potong (piecewise) sederhana (misalnya linear atau kuadratik) pada elemen-elemen untuk gambaran variasi-variasi lokal variabel aliran yang tidak diketahui Φ . Persamaan atur terpenuhi



secara tepat oleh solusi eksak Φ . Jika fungsi – fungsi aproksimasi potong untuk Φ disubstitusikan ke dalam persamaan, terdapat sebuah ketidakpastian hasil (residual) yang didefinisikan untuk mengukur kesalahan. Kemudian residual (kesalahan) diminimalkan melalui sebuah pengalihan dengan sebuah set fungsi berbobot dan mengintegrasikannya. Hasilnya diperoleh sekumpulan, persamaan aljabar untuk koefisien-koefisien tak diketahui dari fungsi-fungsi aproksimasi. Teori elemen hingga awalnya dikembangkan untuk analisis tegangan struktur.

○ Metode Spektral (*Spectral Method*)

Mengaproksimasikan variable Φ dengan deret fourier terpotong atau deret Polinomial Chebyshev. Aproksimasi tidak secara lokal namun valid di semua domain komputasional, mengganti tak diketahui dalam persamaan atur dengan deret - deret terpotong. Batasan yang membawa ke persamaan aljabar untuk seluruh koefisien deret Fourier dan Chebyshev diberikan oleh konsep residual berbobot mirip dengan elemen hingga atau membuat fungsi aproksimasi serupa dengan solusi eksak pada sebuah nilai dari titik-titik grid.

○ Metode Volume Hingga (*Finite Volume Method*)

Awalnya dikembangkan untuk special formulasi beda hingga, lalu algoritma numerik terdiri dari langkah awal integrasi volume atur, membedakan metode volume hingga dari seluruh teknik CFD. Hasilnya menggambarkan konservasi (eksak) properties relevan di setiap sel ukuran hingga. Relasi yang jelas antara algoritma numerik dan prinsip konservasi fisis dasar memberikan sebuah ketertarikan dan konsep yang lebih mudah. Konservasi variabel umum aliran Φ contohnya sebuah komponen kecepatan atau entalpi, dalam sebuah volume hingga dapat digambarkan sebagai keseimbangan di antara bermacam proses berkecendrungan menambah atau mengurangi.



2.5.2 Post-processor

la kerja modul *post-processor* nilai-nilai numerik hasil iterasi tahapan ialah kedalam bentuk grafis, rendering video atau visualisasi dari

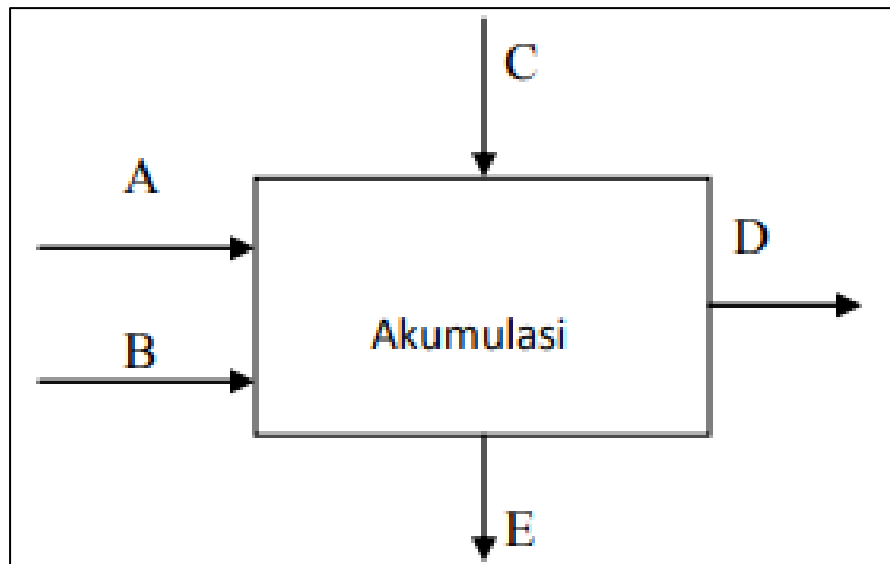
parameter-parameter aliran fluida. Jika iterasi objek dilakukan dengan metode *transient* maka kita dapat mengetahui fenomena fluida terhadap waktu selama waktu. Alat visualisasi tersebut antara lain :

- *Domain geometri dan display;*
- *Plot Vector;*
- *Plot Contour;*
- *Particle tracking;*
- Manipulasi tampilan (translasi, skala dan sebagainya);
- Animasi *display* hasil dinamik.

Dalam simulasi, model-model yang digunakan didiskretasi dengan metode formulasi dan diselesaikan dengan menggunakan bermacam-macam algoritma numerik. Metode *diskretisasi* dan algoritma yang terbaik digunakan tergantung dari tipe masalah dan tingkat presisi yang dibutuhkan (Sutrisno, 2016).

2.6 Neraca Massa

Neraca massa merupakan penerapan hukum kekekalan massa terhadap suatu proses, pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan yaitu massa tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan (Himmelblau, 1996).



Gambar 1. Diagram neraca massa



in neraca massa:

masuk = Massa keluar

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E \quad (4)$$

Pernyataan yang sering digunakan untuk laju aliran massa ($\dot{m}$) melalui sebuah bagian dari permukaan atur dengan luas A adalah :

$$\dot{m} = \rho Q = \rho A V \quad (5)$$

Keterangan;

$\dot{m}$ = laju aliran massa (kg/s)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas bidang (m²)

V = kecepatan aliran (m/s)

Pada kasus penelitian ini maka perhitungan aliran udara yang masuk dan keluar pada *ducting* proses haruslah setimbang. Sehingga didapat persamaan.

$$\sum \dot{m}_{in} = \sum \dot{m}_{out} \quad (6)$$

Laju aliran massa (*mass flow rate*) pada *air terminals* harus memiliki jumlah yang sama dengan *mass flow rate* yang menjadi *input* kapasitas blower layanan sistem *ducting* pada simulasi software Ansys, namun tidak ada peralatan buatan yang efisien dalam praktiknya sehingga didapatkan persamaan persentase *error* :

$$\%error = \frac{\sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in}}{\sum \dot{m}_{out}} \times 100 \quad (7)$$

