

**OPTIMASI DESAIN PEMBAGI ALIRAN UDARA DAN
ANALISIS ALIRAN UDARA MELALUI PEMBAGI
ALIRAN UDARA SERTA INTEGRASI KEDALAM
SISTEM *INTEGRATED CIRCULAR HOVERCRAFT*
*PROTO X-1***

SKRIPSI

Oleh
IRVAN DARMAWAN
04 04 02 041 X



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**OPTIMASI DESAIN PEMBAGI ALIRAN UDARA DAN
ANALISIS ALIRAN UDARA MELALUI PEMBAGI
ALIRAN UDARA SERTA INTEGRASI KEDALAM
SISTEM *INTEGRATED CIRCULAR HOVERCRAFT*
PROTO X-1**

SKRIPSI

Oleh

IRVAN DARMAWAN

040402041X



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**OPTIMASI DESAIN PEMBAGI ALIRAN UDARA DAN ANALISIS
ALIRAN UDARA MELALUI PEMBAGI ALIRAN UDARA SERTA
INTEGRASI KEDALAM SISTEM *INTEGRATED CIRCULAR*
HOVERCRAFT PROTO X-1**

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 20 juni 2008

Irvan Darmawan

NPM 04 04 02 041 X

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**OPTIMASI DESAIN PEMBAGI ALIRAN UDARA DAN ANALISIS
ALIRAN UDARA MELALUI PEMBAGI ALIRAN UDARA SERTA
INTEGRASI KEDALAM SISTEM *INTEGRATED CIRCULAR*
HOVERCRAFT PROTO X-1**

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 01 Juli 2008 dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi. dan dinyatakan memenuhi syarat/ sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Depok, 2 juli 2008
Dosen Pembimbing ,

Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara

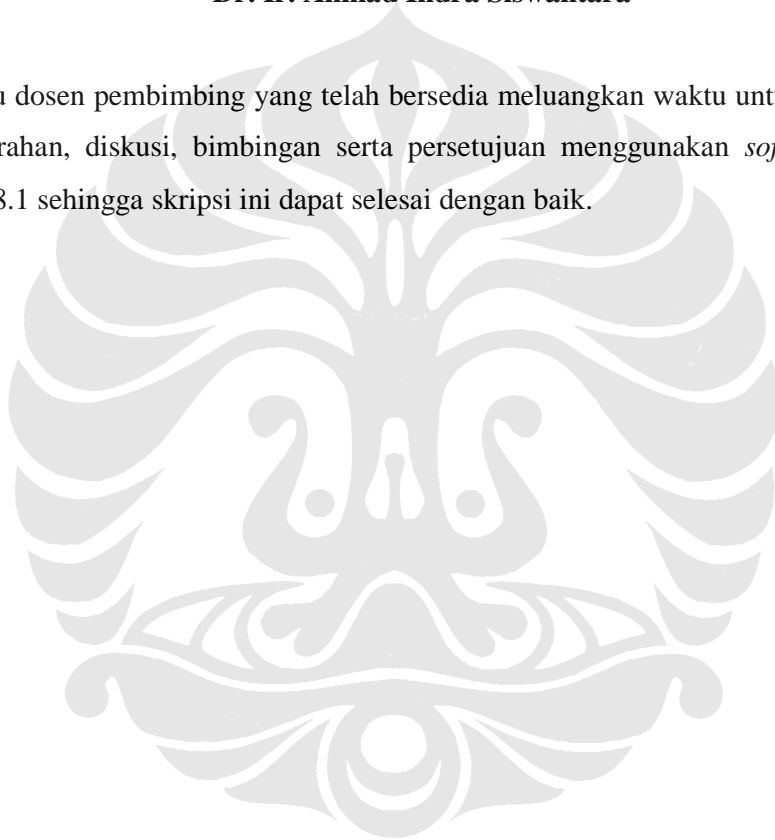
NIP. 131 999 249

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, bimbingan serta persetujuan menggunakan *software* EFD LAB 8.1 sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PERSETUJUAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	
DATAR ISTILAH / SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II STUDI LITERATUR	6
2.1 Prinsip Dasar Kerja Hovercraft	6
2.2 Integrated Hovercraft	7
2.2.1 Karakteristik Sistem Angkat	9
2.2.2 Karakteristik Sistem Dorong	10
2.2.3 Performa sistem angkat (<i>lift system</i>) dan	

	sistem dorong (<i>thrust system</i>)	10
2.2.4	Thrust calculation	12
2.3	Fan Aksial	14
2.3.1	Performa Fan	14
2.4	Sistem Pengukuran Tekanan	19
2.4.1	Tekanan Statis, dinamis dan stagnasi	21
2.4.2	Tabung pitot (<i>pitot tube</i>)	23
2.4.3	Manometer Tabung	24
2.5	Prinsip Dasar <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	26
2.5.1	Persamaan Dasar CFD	26
2.5.2	Strategi penyelesaian dalam CFD	26
2.5.3	Diskritisasi menggunakan <i>Finite-Difference Method</i>	27
2.5.3.1	Diskritisasi Menggunakan <i>Finite-Volume Method</i>	27
2.5.3.2	Konstruksi Mesh	28
2.5.3.3	Pengaruh Jumlah Grid terhadap solusi Diskritisasi	31
2.5.4	Kondisi Batas (<i>Boundary Conditions</i>)	31
2.5.5	Tahapan-Tahapan Proses CFD	33
2.6	Pola-pola aliran fluida	39
BAB III	DESAIN ORIGINAL <i>CIRCULAR HOVERCRAFT</i> DAN MODIFIKASI DESAIN	40
3.1	Evaluasi Sistem <i>Integrated Circular Hovercraft Proto X-1</i>	40
3.1.1	Disain original <i>Integrated Circular Hovercraft Proto X-1</i>	42
3.1.2	Evaluasi performa kerja sistem <i>Integrated Circular Hovercraft Proto X-1</i>	43
3.1.3	Modifikasi rancang bangun sistem <i>Integrated</i>	

BAB IV	MODEL EKSPERIMENTAL DAN PENGUKURAN SERTA PENGOLAHAN DATA VALIDASI	53
4.1	Model Eksperimental Multi-Wing Fan	53
4.2	Data Pengukuran Kenaikan Tekanan Statik dan Kecepatan Fan Aksial	56
4.3	Pengolahan Data Eksperimental	57
4.3.1	Pengolahan Data Hasil Eksperimen	57
4.3.2	Hasil Simulasi CFD dan Validasi Hasil	60
4.4	Tes Perbandingan <i>Mesh</i>	64
BAB V	PROSES SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS	66
5.1	Data input simulasi CFD	66
5.2	Skenario 1 : Modifikasi Desain Rasio Sistem Pembagi Udara Tanpa Menggunakan <i>Guide Vanes</i>	66
5.3	Skenario 2 : Modifikasi Desain Rasio Sistem Pembagi Udara Menggunakan <i>Guide Vanes</i>	68
5.4	<i>Flow Chart</i> Simulasi CFD	69
BAB VI	HASIL DAN PEMBAHASAN	72
6.1	Analisa Distribusi Tekanan dan Kecepatan Aliran Udara Pada Pembagi Aliran Udara Tanpa Menggunakan <i>Guide Vanes</i>	72
6.1.1	Distribusi Tekanan	72
6.1.2	Distribusi kecepatan	78
6.2	Analisa Distribusi Tekanan dan Kecepatan Aliran Udara Pada Pembagi Aliran Udara Tanpa Menggunakan <i>Guide Vanes</i>	85

6.2.1	Distribusi tekanan	85
6.2.2	Distribusi kecepatan	92
6.3	Analisa Desain <i>Hovercraft</i> Keseluruhan	99
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	102
7.1	Kesimpulan	102
7.2	Saran	103
DAFTAR ACUAN		104
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN 1		106



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 desain <i>integrated hovercraft</i>	8
Gambar 2.2 Konsep tekanan statik	15
Gambar 2.3 Diameter <i>hub</i>	16
Gambar 2.4 <i>Chord length of blade</i>	17
Gambar 2.5 Lebar sudu	18
Gambar 2.6 Komponen kecepatan pada sudu	19
Gambar 2.7 Arah gaya tekan pada suatu permukaan	20
Gambar 2.8 Pola aliran yang mengalir pada suatu pelat datar	21
Gambar 2.9 Skema sistem tekanan <i>Pitot Tube</i>	24
Gambar 2.10 Sistem tekanan Manometer U	25
Gambar 2.11 diskritisasi <i>mesh</i>	27
Gambar 2.12 Diskritisasi dengan metode volume-hingga	28
Gambar 2.13 Model original dari solidworks	29
Gambar 2.14 Variasi tipe <i>mesh</i>	29
Gambar 2.15 Contoh konstruksi <i>basic mesh</i>	30
Gambar 2.16 Model original	30
Gambar 2.17 (a) Level <i>mesh</i> nol, <i>total number of cell</i> 960, tidak ada <i>control plane</i>	31
(b) level <i>mesh</i> tiga, <i>total number of cells</i> 3865 tidak ada <i>control plane</i>	31
(c) Level <i>mesh</i> satu, <i>total number of cells</i> 1143, sembilan <i>control plane</i>	31
Gambar 2.18 Pengaruh jumlah <i>grid</i> terhadap hasil simulasi	31
Gambar 2.19 <i>Computational mesh cells</i> pada solid dan liquid	36
Gambar 2.20 Pola <i>streamlines</i> pada suatu sistem	38
Gambar 2.21 Pola <i>streaklines</i> yang keluar dari satu titik	39
Gambar 3.1 Distribusi tekanan <i>hovercraft</i>	41
Gambar 3.2 Desain original <i>integrated circular hovercraft proto X-1</i>	42
Gambar 3.3 Skema pembagi aliran	44
Gambar 4.1 Motor listrik DC dengan <i>variable speed driver</i>	53
Gambar 4.2 <i>Ducting</i> berdiameter	53
Gambar 4.3 (a) <i>pitot tube</i> & (b) manometer miring	54
Gambar 4.4 <i>Hot wire</i> anemometer	54
Gambar 4.5 <i>Stroboscope</i>	54
Gambar 4.6 Skema rangkaian alat uji <i>multi-wing fan</i>	56
Gambar 4.7 Grafik tekanan statik vs putaran motor	59
Gambar 4.8 Grafik debit aliran vs putaran motor	60
Gambar 4.9 Grafik validasi debit vs putaran mesin pada kondisi outlet 100 %	62

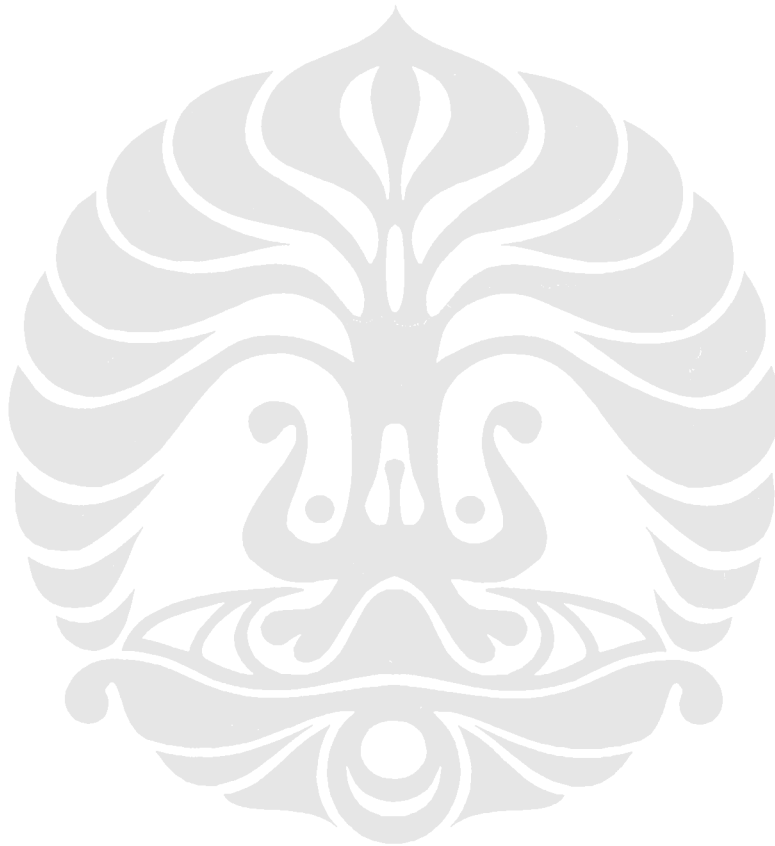
Gambar 4.10 Grafik validasi debit vs putaran mesin pada kondisi outlet 50 %	62
Gambar 4.11 Grafik validasi debit vs putaran mesin pada kondisi outlet 25 %	63
Gambar 4.12 Grafik perbedaan hasil simulasi pada tiap parameter terhadap parameter acuan	65
Gambar 5.1 konfigurasi pembagi udara 2/3	67
Gambar 5.2 konfigurasi pembagi udara 1/2	67
Gambar 5.3 konfigurasi pembagi udara 1/3	68
Gambar 5.4 konfigurasi pembagi udara 2/3 menggunakan <i>guide vanes</i>	68
Gambar 5.5 konfigurasi pembagi udara 1/2 menggunakan <i>guide vanes</i>	69
Gambar 5.6 konfigurasi pembagi udara 1/3 menggunakan <i>guide vanes</i>	69
Gambar 5.7 <i>Flowchart</i> tahapan-tahapan simulasi CFD keseluruhan	70
Gambar 5.8 <i>Flowchart</i> tahapan-tahapan proses simulasi CFD	71
Gambar 6.1 (a) & (b) Distribusi tekanan pada pembagi udara 2/3	73
Gambar 6.2 (a) & (b) Distribusi tekanan pada pembagi udara 1/2	74
Gambar 6.3 (a) & (b) Distribusi tekanan pada pembagi udara 1/3	75
Gambar 6.4 Grafik distribusi tekanan pada pembagi udara 2/3	76
Gambar 6.5 Grafik distribusi tekanan pada pembagi udara 1/2	76
Gambar 6.6 Grafik distribusi tekanan pada pembagi udara 1/3	77
Gambar 6.7 (a) & (b) Distribusi kecepatan pada pembagi udara 2/3	79
Gambar 6.8 (a) & (b) Distribusi kecepatan pada pembagi udara 1/2	80
Gambar 6.9 (a) & (b) Distribusi kecepatan pada pembagi udara 1/3	81
Gambar 6.10 (a) & (b) Distribusi tekanan pada pembagi udara 2/3 menggunakan <i>Guide vanes</i>	86
Gambar 6.11 (a) & (b) Distribusi tekanan pada pembagi udara 1/2 menggunakan <i>Guide vanes</i>	87
Gambar 6.12 (a) & (b) Distribusi tekanan pada pembagi udara 1/3 Menggunakan <i>Guide vanes</i>	88
Gambar 6.13 Grafik distribusi tekanan pada pembagi udara 2/3 menggunakan <i>guide vanes</i>	89
Gambar 6.14 Grafik distribusi tekanan pada pembagi udara 1/2 menggunakan <i>guide vanes</i>	90
Gambar 6.15 Grafik distribusi tekanan pada pembagi udara 1/3 menggunakan <i>guide vanes</i>	90
Gambar 6.16 (a) & (b) Distribusi kecepatan pada pembagi udara 2/3 menggunakan <i>Guide vanes</i>	93
Gambar 6.17 (a) & (b) Distribusi kecepatan pada pembagi udara 1/2 menggunakan <i>Guide vanes</i>	94
Gambar 6.18 (a) & (b) Distribusi kecepatan pada pembagi udara 1/3 menggunakan <i>Guide vanes</i>	95
Gambar 6.19 (a) <i>Mixed Flow Fan</i> (b) <i>Splitter</i> dengan <i>guide vane</i> (c) desain <i>hull</i> dan <i>bag skirt</i> (d) Modifikasi Final <i>Circular Hovercraft</i>	99
Gambar 6.20 (a) distribusi tekanan (b) distribusi kecepatan (c) distribusi tekanan <i>cushion</i> (d) visualisasi streamline distribusi tekanan (e) distribusi tekanan <i>bag</i>	101

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>multi-wing</i> fan yang digunakan dalam eksperimen	55
Tabel 4.2 Hasil data eksperimental dengan kondisi outlet 100 %	56
Tabel 4.3 Hasil data eksperimental dengan kondisi outlet 50 %	57
Tabel 4.4 Hasil data eksperimental dengan kondisi outlet 25 %	57
Tabel 4.5 Parameter alat ukur pada saat pengujian	57
Tabel 4.6 Sistem konversi satuan pengolahan data	57
Tabel 4.7 Data akhir hasil eksperimen pada kondisi outlet 100 %	58
Tabel 4.8 Data akhir hasil eksperimen pada kondisi outlet 50 %	58
Tabel 4.9 Data akhir hasil eksperimen pada kondisi outlet 25 %	59
Tabel 4.10 Data akhir hasil simulasi pada kondisi outlet 100 %	60
Tabel 4.11 Data akhir hasil simulasi pada kondisi outlet 50 %	61
Tabel 4.12 Data akhir hasil simulasi pada kondisi outlet 25 %	61
Tabel 4.13 Penyimpangan / <i>error</i> antara eksperimen dan simulasi	63
Tabel 4.14 Perbedaan hasil simulasi pada tiap parameter terhadap parameter acuan	64
Tabel 5.1 Data-data input simulasi	66
Tabel 6.1 Data-data karakteristik udara melewati <i>area thrust</i> pada pembagi aliran udara 2/3	83
Tabel 6.2 Data-data karakteristik udara melewati <i>area thrust</i> pada pembagi aliran udara 1/2	83
Tabel 6.3 Data-data karakteristik udara melewati <i>area thrust</i> pada pembagi aliran udara 1/3	84
Tabel 6.4 Data-data karakteristik udara melewati <i>area thrust</i> pada pembagi aliran udara 2/3 menggunakan <i>guide vanes</i>	96
Tabel 6.5 Data-data karakteristik udara melewati <i>area thrust</i> pada pembagi aliran udara 1/2 menggunakan <i>guide vanes</i>	97
Tabel 6.6 Data-data karakteristik udara melewati <i>area thrust</i> pada pembagi aliran udara 1/3 menggunakan <i>guide vanes</i>	97
Tabel 6.7 Input data dan hasil simulasi untuk tekanan cushion dan kecepatan Thrust untuk simulasi keseluruhan	100

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Gambar CAD circular hovercraft	106



DAFTAR ISTILAH / SIMBOL

	Satuan
A : Luas area	(m^2)
D : Diameter	(m)
g : Percepatan gravitasi	(m/s^2)
H_f : Tekanan yang harus dihasilkan fan	(Pa)
K : Konstanta	
K_{1q_1} : Intake loss pada fan	(Pa)
K_{2q_2} : Pressure loss untuk undiffused velocity	(Pa)
K_{3q_3} : Dynamic head untuk mengatasi dump loss	(Pa)
m : Massa benda	(kg)
\dot{m} : Laju aliran massa	(kg/s)
N_s : Kecepatan spesifik	
P : Momentum	(kgm/s)
P_c : Tekanan cushion	(Pa)
P_b : Tekanan pada bag hovercraft	(Pa)
P_o : Tekanan total	(Pa)
P_s : Tekanan Statis	(Pa)
Q : Debit aliran	(m^3/s)
q_o : Dynamic head dari free stream yang masuk	(Pa)
R : Jari-jari luar hull	(m)
r : Jari-jari dalam hull	(m)
Re : Reynolds Number	
S_c : Cushion area	(m^2)
v : Kecepatan aliran	(m/s)
W : Beban total hovercraft	(N)
ψ : Pressure coefficient	

n	: putaran motor/engine	(RPM)
ρ	: Densitas fluida	(kg/m ³)
ρ_m	: Densitas fluida manometer	(kg/m ³)
ρ_f	: Densitas fluida transmisi	(kg/m ³)
Δh	: Perbedaan ketinggian manometer	(mm)
α	: Sudut kemiringan	
β	: Sudut kemiringan	

