

**OPTIMASI RANCANGAN *CONTRACTION SECTION* PADA
TEROWONGAN ANGIN KECEPATAN RENDAH SIKLUS
TERBUKA UNTUK SARANA PEMBELAJARAN
MENGUNAKAN SIMULASI CFD**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
UNIVERSITAS
MERCU BUANA

HIMAWAN SUKOCO
NIM: 41321120016

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI RANCANGAN *CONTRACTION SECTION* PADA TEROWONGAN
ANGIN KECEPATAN RENDAH SIKLUS TERBUKA UNTUK SARANA
PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN SIMULASI CFD



U N I N I V E R S I T A S
MERCUBUANA

Disusun oleh:

Nama : Himawan Sukoco
NIM : 41321120016
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JUNI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI RANCANGAN *CONTRACTION SECTION* PADA TEROWONGAN ANGIN KECEPATAN RENDAH SIKLUS TERBUKA UNTUK SARANA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN SIMULASI CFD

Disusun oleh:

Nama : Himawan Sukoco
NIM : 41321120016
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 26 Juni 2023


Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Penguji Sidang I



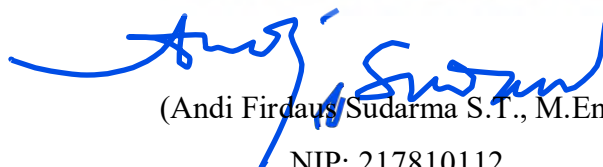
(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)
NIP. 216910097



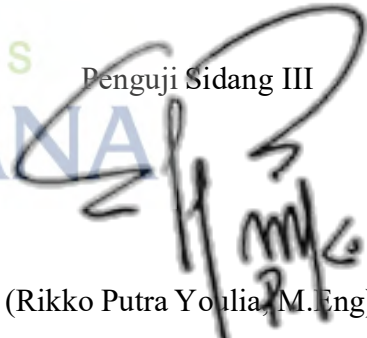
(Dr.Eng. Deni Shidqi Khaerudini)
NIP. 216890126

Penguji Sidang II

Penguji Sidang III



(Andi Firdaus Sudarma S.T., M.Eng)
NIP: 217810112




(Rikko Putra Yulia, M.Eng)
NIP: 120930671


Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Dr.Eng. Imam Hidayat, ST., M.T)
NIP. 0005087502



(Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T)
NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Himawan Sukoco

NIM : 41321120016

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Optimasi Rancangan *Contraction Section* Pada Terowongan Angin Kecepatan Rendah Siklus Terbuka Untuk Sarana Pembelajaran Menggunakan Simulasi CFD.

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 26 Juni 2023



(Himawan Sukoco)

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan pembuatan laporan Tugas Akhir yang berjudul **OPTIMASI RANCANGAN *CONTRACTION SECTION* PADA TEROWONGAN ANGIN KECEPATAN RENDAH SIKLUS TERBUKA UNTUK SARANA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN SIMULASI CFD.**

Ucapan terima kasih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Dr.Eng. Imam Hidayat,ST., M.T, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
2. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T, selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir Universitas Mercu Buana Jakarta.
3. Bapak Gian Villany Golwa, ST., MT, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng, selaku pembimbing Tugas Akhir
5. Seluruh pihak keluarga khususnya kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moral maupun material.
6. Teman seperbimbingan, Apri Jenriko Damanik yang telah bersama-sama mencurahkan ide, tenaga, dan waktu agar Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Jakarta, 26 Juni 2023

(Himawan Sukoco)

ABSTRAK

Terdapat berbagai macam jenis terowongan angin, akan tetapi yang dapat diterapkan sebagai sarana pembelajaran ialah terowongan angin kecepatan rendah siklus terbuka. Pada terowongan angin kecepatan rendah siklus terbuka, terdapat bagian yang berfungsi untuk meningkatkan kecepatan aliran udara yang masuk, yaitu *contraction section*. Rancangan *contraction section* untuk terowongan angin kecepatan rendah siklus terbuka sebagai sarana pembelajaran di Universitas Mercu Buana telah dibuat dan dievaluasi, tetapi kecepatan aliran udara yang masuk masih belum memenuhi target yang diinginkan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada optimasi rancangan *contraction section* pada terowongan angin kecepatan rendah siklus terbuka sebagai sarana pembelajaran yang terdiri dari tiga tahap yaitu: 1) mendesain berbagai variasi bentuk *contraction section* menggunakan persamaan polinomial orde 5, 2) mengevaluasi berbagai desain tersebut menggunakan CFD, 3) melakukan optimasi pada evaluasi hasil CFD. Metode yang digunakan dalam optimasi rancangan *contraction section* tersebut adalah metode analitik, yaitu dengan mencari nilai maksimum dari hasil evaluasi CFD yang sudah didapat. Hasilnya menunjukkan bahwa terowongan angin dengan luas penampang *test section* 0,42 x 0,42 meter, memiliki nilai rasio *contraction section* yang paling optimal sebesar 4,44 dan menghasilkan kecepatan aliran udara pada bagian *test section* sebesar 42,34 m/s. *Contraction section* dengan rasio kontraksi 4,44 ini memiliki ukuran pada diameter *inlet* sebesar 0,884 x 0,884 meter dengan panjang 0,884 meter dan luas area pada sisi inletnya sebesar 0,781 m².

Kata Kunci: Terowongan Angin Kecepatan Rendah Siklus Terbuka, *Contraction Section*, *Computational Fluid Dynamics*, Polinomial Orde 5

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

OPTIMIZATION OF CONTRACTION SECTION DESIGN IN OPEN CYCLE LOW SPEED WIND TUNNEL FOR LEARNING MEANS USING CFD SIMULATION

ABSTRACT

There are various types of wind tunnels, but what can be applied as a learning tool is the open cycle low speed wind tunnel. In an open-cycle low-speed wind tunnel, there is a section that functions to increase the speed of the incoming airflow, namely the contraction section. The contraction section design for an open-cycle low-speed wind tunnel as a learning tool at Mercu Buana University has been made and evaluated, but the incoming airflow velocity still does not meet the desired target. Based on these problems, this research determines the optimization of the design of the contraction section in an open-cycle low-speed wind tunnel as a learning tool which consists of three stages, namely: 1) designing various variations of the shape of the contraction section using a 5th order polynomial equation, 2) evaluating the various designs using CFD, 3) optimize the evaluation of CFD results. The method used in optimizing the design of the contraction section is the analytical method, namely by finding the maximum value from the CFD evaluation results that have been obtained. The results show that the wind tunnel with a test section cross-sectional area of 0.42 x 0.42 meters, has the most optimal contraction section ratio value of 4.44 and produces an airflow velocity in the test section of 42.34 m/s. The contraction section with a contraction ratio of 4.44 has a diameter of 0.884 x 0.884 meters in inlet with a length of 0.884 meters and an area of 0.781 m² on the inlet side.

Keywords: *Open Cycle Low Speed Wind Tunnel, Contraction Section, Computational Fluid Dynamics, 5th order polynomial*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2. TEROWONGAN ANGIN	8
2.3. <i>CONTRACTION SECTION</i>	10
2.3.1. Penelitian <i>Contraction Section</i> Terdahulu	15
2.4. <i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)</i>	20
2.4.1. Langkah-Langkah Penggunaan CFD (Pemodelan Fisik)	20
2.4.2. Fluent	21
2.4.3. Formulasi <i>Solver</i>	22

2.4.4. Penentuan Model	22
2.4.5. Penentuan Kondisi Batas	23
2.4.6. Model Matematika	26
2.4.7. Intensitas Turbulensi	28
2.5. OPTIMASI DESAIN	30
BAB III METODOLOGI	31
3.1. DIAGRAM ALIR	31
3.2. ALAT DAN BAHAN	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. PERANCANGAN <i>CONTRACTION SECTION</i>	43
4.2. SIMULASI <i>CONTRACTION SECTION</i>	46
4.2.1. Hasil Iterasi	46
4.2.2. Hasil Simulasi	47
4.2.3. Metode Validasi	54
4.3. OPTIMASI HASIL ANALISIS	56
BAB V PENUTUP	61
5.1. KESIMPULAN	61
5.2. SARAN	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Terowongan Angin Siklus Terbuka	9
Gambar 2.2.	Letak <i>Contraction</i> Pada Terowongan Angin	10
Gambar 2.3.	<i>Contraction Section</i>	12
Gambar 2.4.	<i>Boundary Layers Separation</i>	13
Gambar 2.5.	Grafik Keseragaman Aliran (orde 5 dan <i>Two-Cubic Arcs</i>)	14
Gambar 2.6.	Grafik Keseragaman Aliran (Witozynsky/Polinomial Orde 2)	14
Gambar 2.7.	Desain <i>Contraction Section</i>	16
Gambar 2.8.	Kontur Sebaran Kecepatan	17
Gambar 2.9.	Kurva <i>Contraction Section</i>	18
Gambar 2.10.	<i>General Mesh Setting</i>	18
Gambar 2.11.	<i>Detail Face Sizing</i>	18
Gambar 2.12.	Kecepatan Udara Pada Terowongan Angin	20
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2.	Diagram Simulasi CFD	34
Gambar 3.3.	Perbandingan Ukuran <i>Mesh</i> 10 mm dan 2 mm	36
Gambar 3.4.	Grafik Kecepatan di <i>Test Section</i>	37
Gambar 3.5.	Diagram Optimasi	40
Gambar 4.1.	Hasil Profil <i>Contraction Section</i>	46
Gambar 4.2.	Hasil Iterasi Pada Rasio Kontraksi 3, 5, 7, 9, dan 11	47
Gambar 4.3.	Kontur Kecepatan Udara di Dalam <i>Test Section</i>	48
Gambar 4.4.	Grafik Kecepatan Aliran Udara Pada Terowongan Angin	49
Gambar 4.5.	Kontur Sebaran Kecepatan di Sepanjang Terowongan Angin	50
Gambar 4.6.	Grafik Tekanan Udara Pada Terowongan Angin	51
Gambar 4.7.	Kontur Sebaran Tekanan di Sepanjang Terowongan Angin	52
Gambar 4.8.	Grafik Intensitas Turbulensi Pada Terowongan Angin	53

Gambar 4.9. Kontur Intensitas Turbulensi di Sepanjang Terowongan Angin	54
Gambar 4.10. Perbandingan hasil analisis	55
Gambar 4.11. Grafik Kecepatan Pada Rasio Kontraksi 3, 5, 7, 9, dan 11	56
Gambar 4.12. Grafik Kecepatan Aliran Udara Pada Rasio Kontraksi 4,44 : 1	60



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian terdahulu	5
Tabel 2.2. Kondisi batas <i>inlet</i> - <i>outlet</i>	24
Tabel 3.1. Ukuran Terowongan Angin	33
Tabel 3.2. Perbandingan Jumlah <i>Nodes</i> dan <i>Element</i>	36
Tabel 3.3. Nilai Porositas dan Resistensi Inersia	38
Tabel 3.4. Boundary Condition inlet dan Outlet	39
Tabel 4.1. Kecepatan Aliran Udara Pada Terowongan Angin	49
Tabel 4.2. Tekanan Udara Pada Terowongan Angin	50
Tabel 4.3. Intensitas Turbulensi Pada Terowongan Angin	53
Tabel 4.4. Kecepatan Udara Pada Rasio Kontraksi 4,44	60



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
C	<i>Contraction ratio</i> [-]
A_{ci}	Luas penampang <i>inlet contraction section</i> [m ²]
A_{co}	Luas penampang <i>outlet contraction section</i> [m ²]
F_{LS}	Faktor skala linier [-]
Y_{ci}	½ Tinggi sisi <i>inlet contraction section</i> [m]
Y_{co}	½ Tinggi sisi <i>outlet contraction section</i> [m]
Z_{ci}	½ Lebar sisi <i>inlet contraction section</i> [m]
Z_{co}	Lebar sisi <i>outlet contraction section</i> [m]
L	Panjang <i>contraction section</i> [m]
D_{ci}	Diameter sisi <i>inlet contraction section</i> [m]
y	½ Tinggi <i>contraction section</i> [m]
x	Arah aliran udara di dalam <i>contraction section</i> [-]
β	Porositas pada sistem
ξ	Faktor resistensi inersia [kg m ²]
λ	Faktor pengali yang nilainya bergantung pada porositas [-]
A_p	Luas penampang plat [m ²]
A_f	Total luas penampang lubang di plat [m ²]
γ	Koefisien yang berkaitan dengan nilai Reynolds [-]
t	Tebal plat [m]
$a_0 - a_5$	Konstanta [-]
IT	Intensitas Turbulensi
K	Turbulen Kinetik Energi
V_{ref}	Fluktuasi Kecepatan [m/s]

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
RANS	<i>Reynold Average Navier Stokes</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>

