

**RANCANG BANGUN TEROWONGAN UDARA SIRKUIT
TERBUKA SEBAGAI ALAT PEMBELAJARAN
AERODINAMIS
(PROSES PEMBUATAN)**



TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan
Pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Sriwijaya**

Disusun Oleh:

**Dimas Nugroho
061830201230**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2021**

**RANCANG BANGUN TEROWONGAN UDARA SIRKUIT
TERBUKA SEBAGAI ALAT PEMBELAJARAN
AERODINAMIS
(PROSES PEMBUATAN)**



TUGAS AKHIR

**Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

Pembimbing I,

**Drs. Irawan Malik, MSME
NIP. 195810151988031003**

Pembimbing II,

**Mulyadi S, S.T., M.T.
NIP. 197107271995031001**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Ir. Sairul Effendi, M.T.
NIP. 196309121989031005**

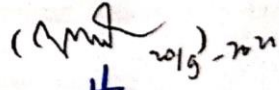



HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama : Dimas Nugroho
NIM : 061830201230
Konsentrasi Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Akhir : Rancang Bangun Terowongan Udara Sirkuit
Terbuka Sebagai Alat Pembelajaran Aerodinamis

**Telah selesai diuji, direvisi dan diterima sebagai
Bagian persyaratan yang diperlukan untuk menyelesaikan studi pada
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

Penguji

Tim Penguji : 1. Drs. Irawan Malik, MSME ()
2. Ella Sundari, S.T., M.T. ()
3. Mochammad Yunus, S.T., M.T. ()
4. M. Rasid, S.T., M.T. ()

Ditetapkan di : Palembang

Tanggal : 2021

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“IF YOU GO TO WORK ON YOUR GOALS, YOUR GOALS WILL GO TO WORK ON YOU. IF YOU GO TO WORK ON YOUR PLAN, YOUR PLAN WILL GO TO WORK ON YOU. WHATEVER GOOD THINGS WE BUILD END UP BUILDING US”

Persembahan

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, Laporan Akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Serta dukungan dan doa dari orang-orang yang saya cintai. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya mengungkapkan rasa syukur dan terima kasih saya kepada:

- Allah SWT.
- Kedua Orang Tua Saya
- Saudara laki-laki dan Saudara Perempuan serta Keluarga Saya
- Almamater Saya
- Kedua Dosen Pembimbing yang terhormat
- Seluruh jajaran staff dan dosen Teknik Mesin Polstri

ABSTRAK

Nama : Dimas Nugroho
Konsentrasi Studi : D-III Teknik Mesin
Program Studi : Teknik Mesin
Judul TA : Rancang Bangun Terowongan Udara Sirkuit
Terbuka Sebagai Alat Pembelajaran Aerodinamis
(Pengujian)

(2021 : + 172 Halaman + 42 Daftar Gambar + 45 Daftar Tabel + Lampiran)

Pada dasarnya semua fenomena aerodinamika yang terjadi pada pesawat disebabkan karena adanya gerakan relatif dari udara di sepanjang bentuk *airfoil* pesawat. Dalam mensimulasikan semua fenomena aerodinamika yang terjadi pada pesawat dibutuhkan sebuah alat bernama terowongan udara. Penggunaan terowongan udara dapat mensimulasikan gaya angkat, gaya hambat, aliran udara, serta pergerakan *airfoil* merupakan hal yang menarik. Rancang bangun dengan judul “Rancang bangun Terowongan Udara Sirkuit Terbuka Sebagai Alat Pembelajaran Aerodinamis” memiliki rumusan masalah bagaimana perbedaan gaya angkat dan koefisien gaya angkat yang dipengaruhi oleh perbedaan kecepatan udara. Tujuan rancang bangun ini adalah untuk pengaruh dari perbedaan kecepatan udara terhadap gaya angkat dan koefisien gaya angkat. Pengujian dilakukan pada *airfoil NACA 4412* dengan *loadcell* sebagai alat ukur berat, anemometer sebagai alat ukur kecepatan udara, *joystick* sebagai pengatur *throttle* dari motor dc dan motor servo sebagai pengatur *Angle of Attack Elevator*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa *contraction* dan *test chamber* serta *throttle* motor dc mempengaruhi dari perbedaan kecepatan udara yang dihasilkan. Perubahan AoA dari *airfoil* dan AoA *elevator* serta tingkatan *throttle* sangat mempengaruhi hasil gaya angkat dan koefisien gaya angkat yang signifikan.

Kata Kunci : *Pengujian, Kecepatan Udara, Gaya Angkat*

ABSTRACT

Name : Dimas Nugroho
Study Concentrate : D-III Teknik Mesin
Study Program : Teknik Mesin
Title : Rancang Bangun Terowongan Udara Sirkuit
Terbuka Sebagai Alat Pembelajaran Aerodinamis
(Pengujian)

(2021 : + 172 Halaman + 42 Daftar Gambar + 45 Daftar Tabel + Lampiran)

Basically all aerodynamic phenomena that occur in aircraft are caused by the relative motion of the air along the shape of the airfoil of the aircraft. In simulating all aerodynamic phenomena that occur on aircraft, a tool called an air tunnel is needed. The use of air tunnels to simulate lift, drag, airflow, and airfoil movement is interesting. The design with the title "Design of an Open Circuit Air Tunnel as an Aerodynamic Learning Tool" has a problem formulation of how the difference in lift and lift coefficient is affected by differences in air velocity. The purpose of this design is to determine the effect of differences in air velocity on lift and lift coefficient. The test was carried out on the *NACA 4412* airfoil with a loadcell as a weight measuring instrument, an anemometer as an airspeed measurement tool, a joystick as a throttle regulator for a dc motor and a servo motor as an Angle of Attack Elevator regulator. Based on the tests carried out, it was concluded that the contraction and test chamber as well as the throttle of the dc motor affect the difference in air velocity produced. Changes in the AoA of the airfoil and the AoA of the elevator as well as the level of the throttle greatly affect the results of the lift force and the lift coefficient are significant.

Keywords: *Testing, Velocity of Air, Lift*

PRAKATA

Dengan rasa syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir ini. Laporan akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Dalam menyelesaikan Laporan Akhir ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama penulis melakukan penulisan Laporan Akhir, maka dari ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Drs. Irawan Malik, MSME selaku Dosen Pembimbing I pada Laporan Akhir.
4. Bapak Mulyadi S, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II pada Laporan Akhir.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doanya kepada penulis.
6. Kedua saudara kandung penulis yang memberikan dukungan dan doanya kepada penulis.
7. Diri Sendiri yang telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyelesaikan pembuatan Laporan Akhir.
8. Dimas Nugroho dan Jaka Hidayat Yusuf sebagai Tim 7 yang telah berusaha menyelesaikan pembuatan Laporan Akhir bersama.
9. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Akhir ini secara menyeluruh

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Akhir ini terdapat kekurangan dan kesalahan dalam sistematika penulisan dan yang berhubungan dengan material. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang mendukung demi

perbaikan dan kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, harapan penulis laporan ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa dan pembaca pada umumnya.

Palembang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.2.1 Tujuan Umum.....	2
1.2.2 Tujuan Khusus	3
1.2.3 Manfaat	3
1.3 Metodologi Rancang Bangun	3
1.4 Permasalahan dan Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Terowongan Udara	9
2.2.1 Klasifikasi Terowongan Udara.....	10
2.2.2 Konfigurasi Terowongan Udara.....	11
2.2.3 Bagian Terowongan Udara.....	13
2.2.4 Prinsip Kerja Terowongan Udara.....	16
2.3 Aliran Udara	17
2.4 <i>Airfoil</i>	19
2.4.1 Klasifikasi Geometri <i>Airfoil NACA 4412</i>	20
2.4.2 Gaya Pada <i>Airfoil</i>	21
2.5 Sistem Penggerak, Sumber Daya, dan Sensor.....	23
2.6 Rumus Perancangan Terowongan Udara Sirkuit Terbuka.....	29
2.7 Perawatan dan Perbaikan.....	31
BAB III PEMBAHASAN	33
3.1 Proses Rancang Bangun Terowongan Udara Sirkuit Terbuka.....	33
3.1.1 Penjelasan Diagram Alir	34
3.2 Desain dan Perhitungan Terowongan Udara Sirkuit Terbuka	35
BAB IV PEMBUATAN, PENGUJIAN, PERAWATAN & PERBAIKAN	43
4.1 Proses Pembuatan.....	43
4.1.1 Komponen yang dibutuhkan	44

4.1.2 Peralatan yang digunakan	45
4.1.3 Proses pembuatan komponen	46
4.2 Perhitungan Waktu Pengerjaan	112
4.3 Daftar Harga dan Bahan	112
4.4 Biaya Produksi	114
4.5 Pengujian	115
4.5.1 Metode Pengujian.....	115
4.5.2 Tujuan Pengujian.....	116
4.5.3 Alat dan Bahan	116
4.6 Langkah Pengujian	116
4.6.1 Pengujian Alat	116
4.6.2 Pengujian Perbedaan Kecepatan Udara pada <i>Test Chamber</i> dan <i>Contraction</i>	117
4.6.3 Pengujian Gaya Angkat <i>Airfoil NACA 4412</i>	117
4.6.4 Pengujian Perbedaan <i>Angle of Attack Elevator</i> terhadap Gaya Angkat.....	118
4.7 Hasil dan Analisa Pengujian	118
4.7.1 Pengujian Alat	119
4.7.2 Pengujian Perbedaan Kecepatan Udara pada <i>Test Chamber</i> dan <i>Contraction</i>	119
4.7.3 Pengujian Gaya Angkat <i>Airfoil NACA 4412</i>	121
4.7.4 Pengujian Perbedaan <i>Angle of Attack Elevator</i> terhadap Gaya Angkat.....	130
4.8 Perawatan dan Perbaikan.....	135
4.9 Perawatan Terowongan Udara Terhadap Lintang Sayap <i>NACA Aerofoil</i>	135
4.9.1 Perawatan yang direncanakan (<i>Planned Maintenance</i>)	136
4.9.2 Perawatan yang tidak direncanakan (<i>Unplanned Maintenance</i>)	146
4.10 Perbaikan Terowongan Udara Terhadap Lintang Sayap <i>NACA Aerofoil</i>	148
4.10.1 Komponen-komponen yang membutuhkan perbaikan	149
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	154
5.1 KESIMPULAN	154
5.2 SARAN	154

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Terowongan Udara	9
Gambar 2.2 Diagram Terowongan Udara Sirkuit Terbuka.....	12
Gambar 2.3 Diagram Terowongan Udara Sirkuit Tertutup	12
Gambar 2.4 <i>Test Chamber</i>	13
Gambar 2.5 <i>Diffuser</i>	14
Gambar 2.6 <i>Contraction</i>	15
Gambar 2.7 <i>Propeller</i> dengan motor dc.....	15
Gambar 2.8 Skema Terowongan Udara	16
Gambar 2.9 Aliran Laminar	18
Gambar 2.10 Aliran Transisi.....	18
Gambar 2.11 Aliran Turbulensi	19
Gambar 2.12 Bagian dari <i>Airfoil</i>	20
Gambar 2.13 <i>NACA 4412</i>	21
Gambar 2.14 Motor Servo.....	23
Gambar 2.15 Pulsa Motor Servo.....	24
Gambar 2.16 <i>Joystick Module</i>	25
Gambar 2.17 <i>Brushless Motor DC</i>	25
Gambar 2.18 Arduino Uno.....	26
Gambar 2.19 <i>Loadcell</i>	27
Gambar 2.20 <i>Infrared Proximity Sensor</i>	27
Gambar 2.21 <i>Anemometer Digital</i>	28
Gambar 2.22 <i>Power Supply Unit</i>	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Rancang Bangun Terowongan Udara Sirkuit Terbuka.....	33
Gambar 3.2 Terowongan Udara Sirkuit Terbuka.....	35
Gambar 3.3 Diagram Alir Pedoman Pembuatan Terowongan Udara.....	35
Gambar 3.4 <i>Test Chamber</i> tampak depan	36
Gambar 3.5 <i>Contraction</i>	38
Gambar 3.6 <i>Contraction</i> tampak depan	38
Gambar 3.7 <i>Diffuser</i> tampak depan	39
Gambar 3.8 <i>Airfoil NACA 4412</i> tampak depan.....	40
Gambar 3.9 <i>Airfoil NACA 4412</i> tampak atas	40
Gambar 3.10 Grafik <i>Coefficient Lift</i> dan <i>AoA</i>	42
Gambar 4.1 Kerangka <i>Settling Chamber</i>	49
Gambar 4.2 Kerangka <i>Contraction</i>	55
Gambar 4.3 Kerangka <i>Chamber</i>	64
Gambar 4.4 <i>Assembly Kerangka Diffuser</i>	71
Gambar 4.5 <i>Assembly Meja</i>	82
Gambar 4.6 <i>Assembly Kerangka Wind Tunnel</i>	88
Gambar 4.7 <i>Assembly Cover Wind Tunnel</i>	90
Gambar 4.8 <i>Assembly Wind Tunnel</i>	96
Gambar 4.9 <i>Box Control</i>	100
Gambar 4.10 <i>Assembly Airfoil NACA 4412 dan Elevator</i>	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sebelumnya dan yang sedang dilakukan	7
Tabel 3.1 Perhitungan total berat <i>airfoil</i>	42
Tabel 4.1 Komponen yang dibutuhkan	44
Tabel 4.2 Peralatan yang digunakan	45
Tabel 4.3 Langkah Kerja Pembuatan <i>Settling Chamber</i>	47
Tabel 4.4 Langkah Kerja Pembuatan Kerangka <i>Settling Chamber</i>	48
Tabel 4.5 Langkah Kerja <i>Assembly</i> Kerangka <i>Settling Chamber</i>	50
Tabel 4.6 Langkah Kerja Pembuatan <i>Contraction</i>	52
Tabel 4.7 Langkah Kerja Pembuatan Kerangka <i>Contraction</i>	53
Tabel 4.8 Langkah Kerja <i>Assembly</i> Kerangka <i>Contraction</i>	55
Tabel 4.9 Langkah Kerja Pembuatan <i>Chamber</i>	61
Tabel 4.10 Langkah Kerja Pembuatan Kerangka <i>Chamber</i>	62
Tabel 4.11 Langkah Kerja <i>Assembly</i> Kerangka <i>Chamber</i>	65
Tabel 4.12 Langkah Kerja Pembuatan <i>Diffuser</i>	68
Tabel 4.13 Langkah Kerja Pembuatan Kerangka <i>Diffuser</i>	68
Tabel 4.14 Langkah Kerja <i>Assembly</i> Kerangka <i>Diffuser</i>	72
Tabel 4.15 Langkah Kerja Pembuatan Kerangka Meja	77
Tabel 4.16 Langkah Kerja <i>Assembly</i> Meja	82
Tabel 4.17 Langkah Kerja <i>Assembly</i> Kerangka <i>Wind Tunnel</i>	88
Tabel 4.18 Langkah Kerja <i>Assembly Cover Wind Tunnel</i>	90
Tabel 4.19 Langkah Kerja <i>Assembly Wind Tunnel</i>	97
Tabel 4.20 Langkah Kerja Pembuatan <i>Box Control</i>	98
Tabel 4.21 Langkah Kerja <i>Assembly Box Control</i>	100
Tabel 4.22 Langkah Kerja Perakitan <i>Airfoil</i> dan <i>Elevator</i>	104
Tabel 4.23 Proses <i>Assembly Airfoil</i> dan <i>Elevator</i>	107
Tabel 4.24 Perhitungan Waktu Pengerjaan.....	111
Tabel 4.25 Perhitungan Harga dan Bahan.....	112
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Alat	117
Tabel 4.27 Hasil Pengujian Perbedaan Kecepatan Udara.....	118
Tabel 4.28 Hasil Pengujian Gaya Angkat.....	120
Tabel 4.29 Perhitungan Gaya (F) Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 7 cm	121
Tabel 4.30 Perhitungan Gaya (F) Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 12.5 cm.	121
Tabel 4.31 Perhitungan Gaya (F) Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 20.5 cm.	121
Tabel 4.32 Perhitungan Gaya (F) Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 7 cm	122
Tabel 4.33 Perhitungan Gaya (F) Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 12.5 cm.	122
Tabel 4.34 Perhitungan Gaya (F) Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 20.5 cm.	123
Tabel 4.35 Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 7 cm	123
Tabel 4.36 Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 12.5 cm	124
Tabel 4.37 Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Pada AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 20.5 cm	124
Tabel 4.38 Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Pada AoA <i>Airfoil</i> 7° dan ketinggian 7 cm	125

Tabel 4.39 Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Pada AoA <i>Airfoil</i> 7° dan ketinggian 12.5 cm	125
Tabel 4.40 Perhitungan <i>Coefficient Lift</i> Pada AoA <i>Airfoil</i> 7° dan ketinggian 20.5 cm	126
Tabel 4.41 Hasil Pengujian Perbedaan <i>Angle of Attack Elevator</i>	128
Tabel 4.42 Alat dan Bahan Untuk Merawat Alat Peraga.....	137
Tabel 4.43 Cara Merawat Komponen Pada Alat Peraga.....	137

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik Hasil Pengujian Perbedaan Kecepatan Udara	46
Grafik 4.2 Hasil Perhitungan Gaya Angkat AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 7, 12.5, 20,5 cm	49
Grafik 4.3 Hasil Perhitungan Gaya Angkat AoA <i>Airfoil</i> 5° dan ketinggian 7, 12.5, 20,5 cm	50
Grafik 4.4 Hasil Perhitungan Gaya Angkat AoA <i>Airfoil</i> 0° dan ketinggian 7, 12.5, 20,5 cm	52
Grafik 4.5 Hasil Perhitungan Gaya Angkat AoA <i>Airfoil</i> 5° dan ketinggian 7, 12.5, 20,5 cm	53
Grafik 4.6 Hasil Pengujian AoA 0° dengan ketinggian 7 cm	58
Grafik 4.7 Hasil Pengujian AoA 0° dengan ketinggian 12.5 cm	59
Grafik 4.8 Hasil Pengujian AoA 0° dengan ketinggian 20.5 cm	59
Grafik 4.9 Hasil Pengujian AoA 7° dengan ketinggian 7 cm	60
Grafik 4.10 Hasil Pengujian AoA 7° dengan ketinggian 12.5 cm	60
Grafik 4.11 Hasil Pengujian AoA 7° dengan ketinggian 20.5 cm	60