

SKRIPSI

ANALISIS NUMERIK PENGARUH *SLOT SUCTION* DAN *BLOWING JET* TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA DI SEKITAR *AIRFOIL* NACA 0012



Disusun oleh :

Alfarel Muchammad Alif Fatichah
NPM. 21036010041

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

"ANALISIS NUMERIK PENGARUH *SLOT SUCTION* DAN *BLOWING JET* TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA DI SEKITAR *AIRFOIL* NACA 0012"

Disusun oleh:

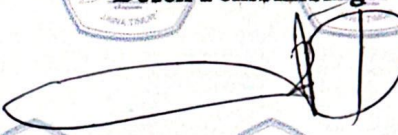
ALFAREL MUCHAMMAD ALIF FATICHAH
NPM. 21036010041

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Jumat, 14 November 2025

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing


Ndaru Adyono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001


Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001

Dosen Penguji II

Koordinator Program Studi


Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT
NIP. 199101142025062005


Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Alfarel Muchammad Alif Fatichah

NPM : 21036010031

Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / ~~Teknik Industri~~ / ~~Teknologi Pangan~~ /
~~Teknik Lingkungan~~ / ~~Teknik Sipil~~ / Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA RENCANA (DESAIN)~~ / ~~SEMINAR~~
~~PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode V, TA 2025/2026.

Dengan judul : ANALISIS NUMERIK PENGARUH SLOT SUCTION DAN BLOWING JET
TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA DI SEKITAR AIRFOIL NACA
0012

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT ()

2. Ndaru Adyono, S.Si., M.T. ()

Surabaya, 17 November 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.

NIP. 199301202024061001

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfarel Muchammad Alif Fatichah

NPM : 21036010041

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemulan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 14 November 2025

Yang menyatakan,



Alfarel Muchammad A. F.

NPM. 21036010041

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya hanturkan kepada Allah Subhanawata'ala atas segala berkah dan karunianya penulis dapat menyelesaikan skripsi "**Analisis Numerik Pengaruh Slot Suction dan Blowing Jet terhadap Karakteristik Aliran Udara di Sekitar Airfoil NACA 0012**" Saya sadari bahwa dalam menyelesaikan laporan magang ini banyak pihak yang telah membantu memberi bimbingan, arahan, dan do'a yang akan selalu saya kenang dan syukuri. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. **Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.** selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. **Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc** selaku dosen pembimbing proposal skripsi yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing saya dalam menyelesaikan penulisan laporan magang ini.
4. **Bapak Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** selaku dosen penguji 1 skripsi.
5. **Ibu Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T.** selaku dosen penguji 2 skripsi.
6. **Kedua orang tua** yang senantiasa memberikan doa, perhatian, dan motivasi tiada henti.
7. **Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin** yang telah memberikan semangat, dukungan penyusunan proposal skripsi ini.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan proposal skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dalam penyemournaan penulisan skripsi ini.

Surabaya, 14 November 2025



Alfarel Muchammad Alif F.

NPM. 21036010041

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	1
KETERANGAN REVISI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat Teoritis	3
1.5.2 Manfaat Praktis.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4

2.2	Aliran Fluida	5
2.2.1	Aliran Laminar	5
2.2.2	Aliran Turbulen	6
2.3	<i>Laminar Flow Control</i>	7
2.4	CFD.....	7
2.4.1	<i>Grid Independence Test</i>	8
2.5	<i>ANSYS Fluent</i>	9
2.6	Studi Numerik	9
2.7	<i>Suction</i>	10
2.8	Konsep Dasar Model NACA 0012	10
2.9	<i>Boundary layer</i>	12
2.10	<i>Separation</i>	13
2.11	<i>Vortex</i>	14
2.12	<i>Drag force</i>	14
2.13	<i>Suction Flow dan Blowing Jet</i>	15
2.14	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Eksternal	16
2.14	Hipotesis	17
BAB III		18
3.1	Diagram Alir	18
3.2	Prosedur Penelitian.....	19
3.2.1	Desain NACA 0012.....	19

3.2.2	Penentuan Lokasi dan Ukuran Daerah <i>Suction</i>	19
3.2.3	Pemilihan Kondisi Batas	21
3.2.4	Pembuatan Meshing	22
3.2.5	<i>Grid Independent Test</i>	22
3.3	Variabel Penelitian	22
3.3.1	Variabel Bebas.....	22
3.3.2	Variabel Terikat.....	23
3.3.3	Variabel Kontrol.....	23
3.4	Metode Penelitian.....	23
3.5	Alat dan Bahan.....	24
BAB IV		25
HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	<i>Grid Independence Test</i>	25
4.2	<i>Pressure Coefficient</i> pada <i>Airfoil</i> NACA 0012	26
4.3	Pengaruh Distribusi Kecepatan terhadap Karakteristik Aliran Udara pada <i>Airfoil</i> NACA 0012	29
4.3.1	Distribusi Kecepatan <i>Base line</i> pada <i>Airfoil</i> NACA 0012.....	30
4.3.2	Distribusi Kecepatan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 1	31
4.3.3	Distribusi Kecepatan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 2.....	35
4.3.4	Distribusi Kecepatan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 3.....	39
4.4	Pengaruh Distribusi Tekanan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012	43
4.4.1	Distribusi Tekanan <i>Base line</i> <i>Airfoil</i> NACA 0012	43

4.4.2 Distribusi Tekanan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 1	45
4.4.3 Distribusi Tekanan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 2	48
4.4.4 Distribusi Tekanan pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 3	52
4.5 Pengaruh Pola Aliran Turbulensi pada <i>Airfoil</i> NACA 0012	56
4.5.1 Pola Aliran Turbulensi <i>Base line</i> pada <i>Airfoil</i> NACA 0012.....	56
4.5.2 Pola Aliran Turbulensi pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 1	57
4.5.3 Pola Aliran Turbulensi pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 2	61
4.5.4 Pola Aliran Turbulensi pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Variasi 3	65
4.6 Pengaruh Variasi Geometri dalam Meningkatkan Koefisien <i>Lift</i> dan Koefisien <i>Drag</i>	68
4.6.1 Verifikasi Data <i>Airfoil</i> NACA 0012.....	68
4.6.2 Verifikasi Koefisien Lift dan Koefisien Drag Variasi 1 <i>Airfoil</i> Naca 0012....	69
4.6.3 Verifikasi Koefisien <i>Lift</i> dan Koefisien <i>Drag</i> Variasi 2 <i>Airfoil</i> Naca 0012....	70
4.6.4 Verifikasi Koefisien <i>Lift</i> dan Koefisien <i>Drag</i> Variasi 3 <i>Airfoil</i> Naca 0012....	71
4.7 Perbandingan Nilai Koefisien <i>Lift</i> Terhadap Sudut Serang pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Tanpa dan dengan Variasi.....	72
4.8 Perbandingan Nilai Koefisien <i>Drag</i> Terhadap Sudut Serang pada <i>Airfoil</i> NACA 0012 Tanpa dan dengan Variasi.....	73
4.9 Perbandingan Nilai Koefisien <i>Friction</i> Terhadap Panjang <i>Airfoil</i> NACA 0012 Tanpa dan dengan Variasi.....	74
4.10 Komparasi Hasil Penelitian CL dan CD <i>Present Study</i> Dengan Refrensi Terdahulu	75
4.11 Implikasi Praktis	76

BAB V	78
PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik perbandingan hasil simulasi dan eksperimen terhadap temperatur outlet dengan variasi laju aliran massa.	4
Gambar 2. 2 Aliran Laminar	6
Gambar 2. 3 Aliran Turbulen.....	7
Gambar 2. 4 Laminar Flow Control Pada Ailleron.....	7
Gambar 2. 5 Analisis Aerodinamika Midspan Airfoil Boeing737 Dengan Metode CFD..	8
Gambar 2. 6 Analisis Aerodinamika Midspan Airfoil Boeing737 Dengan Menggunakan ANSYS Fluent	9
Gambar 2. 7 Model NACA 0012	12
Gambar 2. 8 grafik performance aerodinamika dari sayap normal dan sayap dengan vortex generator yang.....	13
Gambar 2. 9 Analisis vortex pada Airfoil Boeing737 Dengan Menggunakan ANSYS Fluent	14
Gambar 2. 10 bilangan Reynolds ($Re=10^2$, 2×10^2 , 10^3 , 2×10^3), 10^4 , 2×10^4 , 10^5 , 2×10^5 , 10^6 , 10^7).....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir	18
Gambar 3. 2 Model NACA 0012	19
Gambar 3. 3 (a) Naca 0012 airfoil (b) Naca 0012 airfoil with suction slot in leading edge (c) Naca 0012 airfoil with blowing slot in trailing edge	20
Gambar 3. 4 Kondisi batas simulasi inlet	21
Gambar 3. 5 Kondisi batas simulasi outlet	21
Gambar 4. 1 Grid Independence Test	25
Gambar 4. 2 Grafik pressure coefficient airfoil NACA 0012 dengan angle of attack a.) 0° b.) 10° c.) 12° d.) 14°	27
Gambar 4. 3 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 dengan variasi sudut serang a.) 0° b.) 10° c.) 12° d.) 14°	30
Gambar 4. 4 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 10° c.) 12° d.) 14°	31
Gambar 4. 5 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 10° c.) 12° d.) 14°	33
Gambar 4. 6 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 10° c.) 12° d.) 14°	34

Gambar 4. 7 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 5m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	36
Gambar 4. 8 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	37
Gambar 4. 9 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	38
Gambar 4. 10 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 5m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	40
Gambar 4. 11 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	41
Gambar 4. 12 Distribusi kecepatan airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	42
Gambar 4. 13 Distribusi tekanan airfoil base line NACA 0012 dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	44
Gambar 4. 14 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	45
Gambar 4. 15 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	46
Gambar 4. 16 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	47
Gambar 4. 17 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	49
Gambar 4. 18 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	50
Gambar 4. 19 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	51
Gambar 4. 20 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	52
Gambar 4. 21 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	54
Gambar 4. 22 Distribusi tekanan airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	55
Gambar 4. 23 Pola aliran turbulensi base line airfoil NACA 0012 dengan sudut serang a.)	

0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	56
Gambar 4. 24 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	58
Gambar 4. 25 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	59
Gambar 4. 26 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 1 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	60
Gambar 4. 27 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	61
Gambar 4. 28 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	62
Gambar 4. 29 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 2 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	64
Gambar 4. 30 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 5 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	65
Gambar 4. 31 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 10 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 1 0° c.) 12° d.) 14°	66
Gambar 4. 32 Pola aliran turbulensi airfoil NACA 0012 variasi 3 kecepatan 15 m/s dengan sudut serang a.) 0° b.) 10° c.) 12° d.) 14°	67
Gambar 4. 33 Perbandingan coefficient lift pada airfoil NACA 0012	72
Gambar 4. 34 Perbandingan coefficient drag pada airfoil NACA 0012	73
Gambar 4. 35 Perbandingan coefficient friction terhadap panjang airfoil NACA 0012 pada AoA 14	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Konfigurasi tabel.....	20
Tabel 4. 1 Gaya angkat dan gaya hambat <i>base line</i> airfoil NACA 0012.....	68
Tabel 4. 2 Airfoil NACA 0012 dengan variasi 1	69
Tabel 4. 3 Airfoil NACA 0012 dengan variasi 2	70
Tabel 4. 4 Airfoil NACA 0012 dengan variasi 3	71
Tabel 4. 5 Komparasi hasil c_l dan c_d	75

DAFTAR NOTASI

NOMENCLATURE

CL	<i>Coefficient of lift</i>
CD	<i>Coefficient of drag</i>
Re	<i>Reynolds number</i>
M	<i>Mach number</i>
V	<i>Velocity</i>
ρ	<i>Air density</i>
A	<i>Reference area</i>
L	<i>Lift force</i>
D	<i>Drag force</i>
c	<i>Chord length</i>

Greek Symbol

α	<i>Angle of attack (°)</i>
μ	<i>Dynamic viscosity (Pa. s)</i>
ν	<i>Kinematic Viscosity (m² /s)</i>
Δ	<i>Change/difference</i>

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis secara numerik efektivitas Kendali Aliran Aktif (*Active Flow Control/AFC*) menggunakan slot hisap (*suction*) dan hembusan (*blowing jet*) dalam meningkatkan kinerja aerodinamika *airfoil* NACA 0012. Fokus utama adalah mengukur peningkatan koefisien gaya angkat (CL), pengurangan koefisien gaya hambat (CD), dan penundaan separasi aliran (*stall*) pada sudut serang yang tinggi. Metode yang digunakan adalah Komputasi Dinamika Fluida (CFD) dengan variasi sudut serang 0° hingga 14° , kecepatan inlet 43,82, *suction flow* dan *jet blowing* (5 m/s hingga 15 m/s) sebagai kondisi simulasi. Implementasi AFC dilakukan pada lapisan batas untuk memanipulasi distribusi tekanan dan kecepatan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *blowing jet* sangat efektif dalam menunda *stall* dan meningkatkan $(CL)_{\max}$ secara signifikan. Sementara itu, *suction* berfungsi menstabilkan lapisan batas, berkontribusi pada efisiensi aerodinamika. Kesimpulannya, kombinasi AFC *suction* dan *blowing jet* adalah strategi yang terbukti berhasil mengoptimalkan rasio gaya angkat terhadap gaya hambat (L/D), menghasilkan kinerja aerodinamika yang superior pada *airfoil* NACA 0012.

Kata Kunci: *Airfoil NACA 0012, Suction, Blowing, Computational Fluids Dynamics (CFD), Lift Coefficient, Drag Coefficient*

ABSTRACT

This study aims to numerically analyze the effectiveness of Active Flow Control (AFC) using suction and blowing jet slots in improving the aerodynamic performance of the NACA 0012 airfoil. The main focus is to measure the increase in the lift coefficient (CL), the reduction in the drag coefficient (CD), and the stall delay at high angles of attack. The method used is Computational Fluid Dynamics (CFD) with variations in the angle of attack from 0° to 14° , airspeed inlet 43.82, suction flow and jet blowing (5 m/s to 15 m/s) as simulation conditions. The implementation of AFC is carried out on the boundary layer to manipulate the pressure and velocity distribution. The simulation results show that blowing jet is very effective in delaying stall and significantly increasing $(CL)_{\max}$. Meanwhile, suction serves to stabilize the boundary layer, contributing to aerodynamic efficiency. In conclusion, the combination of suction and blowing jet AFC is a proven strategy to optimize the lift to drag ratio (L/D), resulting in superior aerodynamic performance on the NACA 0012 airfoil.

Keywords: *Airfoil NACA 0012, Suction, Blowing, Computational Fluids Dynamics (CFD), Lift Coefficient, Drag Coefficient*