

**ANALISIS PENAMBAHAN
RECTANGULAR DAN GOTHIC VORTEX GENERATOR
SUSUNAN CO-ROTATING PADA TAIL BOOM BO 105**

TUGAS AKHIR



Oleh:

LUVAN ARDIANSYAH
NIT. 30418016

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2021**

**ANALISIS PENAMBAHAN
RECTANGULAR DAN GOTHIC VORTEX GENERATOR
SUSUNAN CO-ROTATING PADA TAIL BOOM BO 105**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar Ahli Madya (A.Md.)
pada Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



Oleh:

LUVAN ARDIANSYAH
NIT. 30418016

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENAMBAHAN
RECTANGULAR DAN GOTHIC VORTEX GENERATOR
SUSUNAN *CO-ROTATING* PADA *TAIL BOOM* BO 105

Oleh:
Luvan Ardiansyah
NIT. 30418016

Disetujui untuk diujikan pada:
Surabaya, 19 Agustus 2021

Pembimbing I : DR. H. SETYO HARYADI, S.P., ST, MT
NIP. 19790824 200912 1 001

Pembimbing II : SUKAHIR, ST, MT
NIP. 19740714 199803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENAMBAHAN
RECTANGULAR DAN GOTHIC VORTEX GENERATOR
SUSUNAN CO-ROTATING PADA TAIL BOOM BO 105

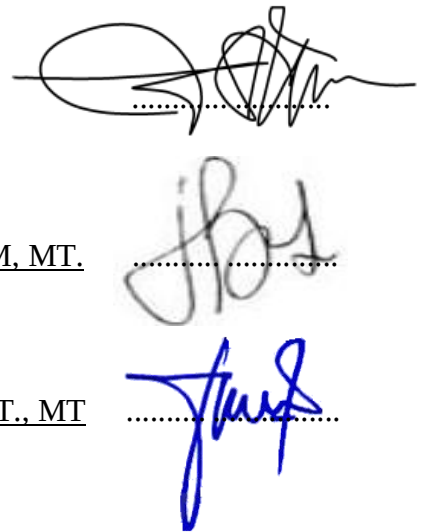
Oleh:

Luvan Ardiansyah
NIT. 30418016

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Sidang Tugas Akhir
Program Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal: 19 Agustus 2021

Panitia Penguji:

1. Ketua : GUNAWAN SAKTI. ST, MT
NIP. 19881001 2200912 1 003
2. Sekretaris : BAMBANG BAGUS H. S.SiT, MM, MT.
NIP. 19810915 200502 1 001
3. Anggota : DR. H. SETYO HARIYADI S.P, ST., MT
NIP. 19790824 20091 21001



Ketua Program Studi
TEKNIK PESAWAT UDARA



Ir. BAMBANG JUNIPITOYO, ST, M.T.
NIP. 19780626 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luvan Ardiansyah
NIT : 30418016
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : Analisis Penambahan *Rectangular* dan *Gothic Vortex Generator* Susunan *Co-rotating* Pada *Tail Boom* BO 105

dengan ini menyatakan bahwa :

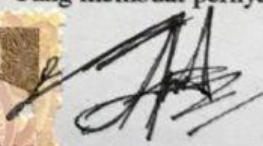
1. Tugas Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 19 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan




Luvan Ardiansyah
NIT. 30418016

ABSTRAK

ANALISIS PENAMBAHAN RECTANGULAR DAN GOTHIC VORTEX GENERATOR SUSUNAN CO-ROTATING PADA TAIL BOOM BO 105

Oleh :
Luvan Ardiansyah
NIT : 30418016

Airfoil adalah bagian dari pesawat terbang atau helikopter yang merepresentasikan bentuk dari suatu sayap pesawat atau bilah helikopter yang dapat menghasilkan gaya angkat (*lift*) atau efek aerodinamika ketika melewati suatu aliran udara. Pada penelitian ini dilakukan studi mengenai aliran udara pada *tail boom* setelah adanya penambahan *vortex generator* dengan menggunakan bantuan *software* ANSYS. *Vortex generator* merupakan salah satu perangkat aerodinamis berbentuk sirip yang biasanya dipasang pada permukaan atas suatu benda seperti pada pesawat sedangkan ANSYS adalah *software* dengan yang dapat memodelkan elemen untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan aerodinamika, termasuk di dalamnya masalah fluida. Tujuan dari analisis ini adalah mengetahui pengaruh perbedaan karakteristik penggunaan *vortex generator* dengan membandingkan beberapa variasi bentuk *vortex generator* pada *tail boom* BO 105.

Penelitian ini dilakukan dengan simulasi numerik. Model benda uji berupa *Tail Boom* BO 105 dengan tiga variasi bentuk benda uji berupa *plain Tail Boom*, *Tail Boom* dengan *rectangular vortex generator* dan *Tail Boom* dengan *gothic vortex generator* dengan rincian pengkondisian disesuaikan *maintenance manual* BO 105, sehingga peneliti menggunakan ukuran yang sebenarnya skala 4:1. Benda uji tersebut kemudian di *input angle of incidence*, kecepatan, viskositas dan densitas fluida, lalu dari kontur kecepatan dan kontur tekanan yang terbaca di simulasi.

Dari simulasi penelitian tersebut diperoleh hasil visualisasi yang efektif dari *velocity streamline* dan *pressure contour* yang memiliki perubahan tidak signifikan dari setiap sudutnya. Untuk aliran udara efektif pada sebaran kecepatan terjadi pada benda uji *plain tail boom* pada AOI negative dan sebaran tekanan terjadi pada benda uji *gothic vortex generator*.

Kata Kunci : Aerodinamika, *Airfoil*, *Tail Boom*, *Vortex Generator*

ABSTRACT

ANALYSIS OF ADDITIONAL RECTANGULAR AND GOTHIC VORTEX GENERATOR CO-ROTATING ORDER ON TAIL BOOM BO 105

By:

Luvan Ardiansyah

NIT: 30418016

Airfoil is a part of an airplane or helicopter that represents the shape of an aircraft wing or helicopter blade that can produce lift (lift) or aerodynamic effects when passing through an air stream. In this study, a study was carried out on the airflow in the tail boom after the addition of a vortex generator using ANSYS software. The vortex generator is a fin-shaped aerodynamic device that is usually mounted on the upper surface of an object such as an airplane, while ANSYS is a software that can model elements to solve problems related to aerodynamics, including fluid problems. The purpose of this analysis is to determine the effect of differences in the characteristics of the use of the vortex generator by comparing several variations of the vortex generator on the tail boom of the BO 105.

This research was conducted with numerical simulations. The model of the test object is in the form of Tail Boom BO 105 with three variations of the shape of the test object in the form of a plain Tail Boom, Tail Boom with a rectangular vortex generator and a Tail Boom with a gothic vortex generator with detailed conditioning according to the BO 105 manual maintenance, so the researchers use the actual size scale 4: 1. The test object is then inputted with the angle of incidence, velocity, viscosity and fluid density, then from the velocity and pressure contours read in the simulation.

From this research simulation, it is obtained effective visualization results of velocity streamline and pressure contour which have insignificant changes from every angle. For effective airflow, the velocity distribution occurs in the plain tail boom test object at negative AOI and the pressure distribution occurs in the gothic vortex generator test object.

Keywords : Aerodinamic, Airfoil, Tail Boom, Vortex Generator.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat dan Karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan, pengetahuan, keterampilan, pengalaman yang senantiasa diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan cukup baik yang berjudul *ANALISIS PENAMBAHAN RECTANGULAR DAN GOTHIC VORTEX GENERATOR SUSUNAN CO-ROTATING PADA TAIL BOOM BO 105*

Selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini penulis banyak menerima bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak M. Andra Aditiyawarman, ST., MT. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Bambang Junipitoyo, ST., MT. selaku Kaprodi Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
3. Bapak Drs. Sudjud PraJitno, S.SiT., selaku Quality Assurance AMTO 147/1000 Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
4. Bapak Dr. H. Setyo Hariyadi, S.P, ST., MT. selaku pembimbing I dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Sukahir, ST, MT., selaku pembimbing II dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan civitas akademika program studi Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya.
7. Kepada Orang tua, serta saudra yang telah memberikan doa serta bantuan untuk kelancaran laporan tugas akhir ini.
8. Teman-teman sekelas, atas kebersamaan dan kerjasamanya.
9. Rekan-rekan seangkatan D3 Teknik Pesawat Udara Angkatan 4 selaku memberikan dukungan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga penulisan ini dapat dikembangkan dan dapat bermanfaat bagi semua pihak

Surabaya, 19 Agustus 2021

Penulis



Luvan Ardiansyah
NIT. 30418016

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Aerodinamika.....	6
2.1.1 Gaya Pada Helikopter	6
2.1.2 <i>Angle Of Incident</i>	7
2.1.3 <i>Hovering flight</i>	8
2.2 <i>Airfoil</i>	8
2.3 Helikopter	9
2.4 Aliran Udara.....	10
2.4.1 Sifat Aliran Udara.....	10
2.4.2 Jenis Aliran Udara	12
2.5 Reynold <i>Number</i>	13
2.6 Distribusi Tekanan	14
2.7 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	15
2.8 <i>Vortex Generator</i>	16
2.9 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Desain Penelitian.....	23
3.2 Variabel Penelitian	24

3.2.1 Variable Terikat.....	24
3.2.2 Variabel Bebas.....	24
3.3 Objek Penelitian.....	25
3.4 Teknik Pengumpulan Data Instrumen Penelitian.....	26
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data	26
3.4.1.1 Pra Pemrosesan (<i>pre-processing</i>)	27
3.4.1.2 Pemrosesan (<i>processing</i>)	35
3.4.1.3 Pasca Pemrosesan (<i>post processing</i>)	35
3.4.2 Instrumen Penelitian.....	35
3.5 Teknik Analisis Data	36
3.6 Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
3.6.1 Tempat Penelitian.....	38
3.6.2 Waktu Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	39
4.1.1 <i>Velocity Streamline</i>	39
4.1.2 <i>Pressure Contour</i>	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Terminologi <i>Airfoil</i>	1
Gambar 2.1 Gaya-gaya pada Helikopter.....	7
Gambar 2.2 <i>Angle Of Incident</i>	7
Gambar 2.3 Penampang <i>Airfoil</i>	8
Gambar 2.4 Turbulen yang terjadi setelah aliran udara melewati <i>bluff body</i>	13
Gambar 2.5 Aliran laminar dan turbulen	14
Gambar 2.6 Profil Tekanan Pada <i>Airfoil</i>	15
Gambar 2.7 <i>Vortex Generator</i>	16
Gambar 2.8 Bentuk <i>Vortex Generator</i>	17
Gambar 2.9 Susunan Pemasangan <i>Vortex Generator</i>	17
Gambar 2.10 Rata-rata kontur kecepatan aliran untuk laminar dan turbulen	18
Gambar 2.11 Streamline aliran pada $\alpha = 12^\circ$ dengan $Re = 1.14 \times 10^5$	19
Gambar 2.12 Streamline aliran di upper <i>side airfoil</i> dengan $Re = 1.14 \times 10^5$	20
Gambar 2.13 Visualisasi <i>streamline</i> pada kontur kecepatan hasil pemodelan <i>airfoil</i> NASA LS-0417	21
Gambar 2.14 Kontur Sebaran Kecepatan.....	22
Gambar 2.15 Kontur Sebaran Tekanan.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	23
Gambar 3.2 Skema Penelitian Simulasi.....	24
Gambar 3.3 Konfigurasi desain geometri <i>Tail Boom</i> BO 105	25
Gambar 3.4 Konfigurasi Geometri <i>Gothic Vortex Generator co-rotating</i> 25°	26
Gambar 3.5 Konfigurasi Geometri <i>Rectangular Vortex Generator co-rotating</i> 25°	26
Gambar 3.6 Konfigurasi pemasangan vortek generator pada silinder <i>Tail Boom</i>	26
Gambar 3.7 <i>Plain Tail Boom</i>	27
Gambar 3.8 <i>Tail Boom Gothic Vortex Generator Co-rotating</i> 25°	27
Gambar 3.9 <i>Tail Boom Rectangular Vortex Generator Co-rotating</i> 25°	28
Gambar 3.10 Penampang Bagian <i>Inlet</i>	28
Gambar 3.11 Penampang Bagian <i>Outlet</i>	29
Gambar 3.12 Penampang Bagian <i>Side back</i>	29
Gambar 3.13 Penampang Bagian <i>Tail boom</i>	29
Gambar 3.14 Domain penelitian <i>tail boom</i>	30
Gambar 3.15 Hasil <i>Meshing</i> Secara Global	30
Gambar 3.16 Hasil <i>Meshing</i> Sekitar <i>Tail boom</i>	31
Gambar 3.17 <i>General setup</i>	31
Gambar 3.18 <i>Turbulent model setup</i>	32
Gambar 3.19 <i>Material setup</i>	32
Gambar 3.20 <i>Velocity inlet setup</i>	33
Gambar 3.21 <i>Soulution methods</i>	33
Gambar 3.22 <i>Solution initialization</i>	34
Gambar 3.23 <i>Run calculation</i>	34
Gambar 3.24 Grafik hasil <i>Grid Independence Test</i>	37

Gambar 4.1 <i>Velocity Streamline Plain Tail Boom</i> pada AoI -10°	39
Gambar 4.2 <i>Velocity Streamline Plain Tail Boom</i> pada AoI -5°	40
Gambar 4.3 <i>Velocity Streamline Plain Tail Boom</i> pada AoI 0°	40
Gambar 4.4 <i>Velocity Streamline Plain Tail Boom</i> pada AoI 5°	41
Gambar 4.5 <i>Velocity Streamline Plain Tail Boom</i> pada AoI 10°	42
Gambar 4.6 <i>Velocity Streamline Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI -10° ..	42
Gambar 4.7 <i>Velocity Streamline Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI -5°	43
Gambar 4.8 <i>Velocity Streamline Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI 0°	44
Gambar 4.9 <i>Velocity Streamline Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI 5°	44
Gambar 4.10 <i>Velocity Streamline Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI 10° ..	45
Gambar 4.11 <i>Velocity Streamline Gothic Vortex Generator</i> pada AoI -10°	46
Gambar 4.12 <i>Velocity Streamline Gothic Vortex Generator</i> pada AoI -5°	46
Gambar 4.13 <i>Velocity Streamline Gothic Vortex Generator</i> pada AoI 0°	47
Gambar 4.14 <i>Velocity Streamline Gothic Vortex Generator</i> pada AoI 5°	48
Gambar 4.15 <i>Velocity Streamline Gothic Vortex Generator</i> pada AoI 10°	48
Gambar 4.16 <i>Pressure Contour Plain Tail Boom</i> pada AoI -10°	49
Gambar 4.17 <i>Pressure Contour Plain Tail Boom</i> pada AoI -5°	50
Gambar 4.18 <i>Pressure Contour Plain Tail Boom</i> pada AoI 0°	50
Gambar 4.19 <i>Pressure Contour Plain Tail Boom</i> pada AoI 5°	51
Gambar 4.20 <i>Pressure Contour Plain Tail Boom</i> pada AoI 10°	52
Gambar 4.21 <i>Pressure Contour Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI -10° ...	52
Gambar 4.22 <i>Pressure Contour Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI -5°	53
Gambar 4.23 <i>Pressure Contour Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI 0°	54
Gambar 4.24 <i>Pressure Contour Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI 5°	54
Gambar 4.25 <i>Pressure Contour Rectangular Vortex Generator</i> pada AoI 10°	55
Gambar 4.26 <i>Pressure Contour Gothic Vortex Generator</i> pada AoI -10°	56
Gambar 4.27 <i>Pressure Contour Gothic Vortex Generator</i> pada AoI -5°	56
Gambar 4.28 <i>Pressure Contour Gothic Vortex Generator</i> pada AoI 0°	57
Gambar 4.29 <i>Pressure Contour Gothic Vortex Generator</i> pada AoI 5°	58
Gambar 4.30 <i>Pressure Contour Gothic Vortex Generator</i> pada AoI 10°	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Parameter <i>boundary condition</i> pada proses penelitian.....	25
Tabel 3.2 Spesifikasi perangkat penunjang penelitian.....	35
Tabel 3.3 Hasil <i>Grid Independence Test</i>	37
Tabel 3.4 Rincian Waktu dan Jenis Kegiatan Penelitian	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Desain <i>Tail Boom</i> BO 105 di <i>Maintenance Manual</i>	A-1
Lampiran B. Desain Benda Uji 2 Dimensi.....	B-1
B.1 <i>Tail Boom</i> BO 105.....	B-1
B.2 <i>Gothic Vortex Generator</i>	B-2
B.3 <i>Rectangular Vortex Generator</i>	B-3

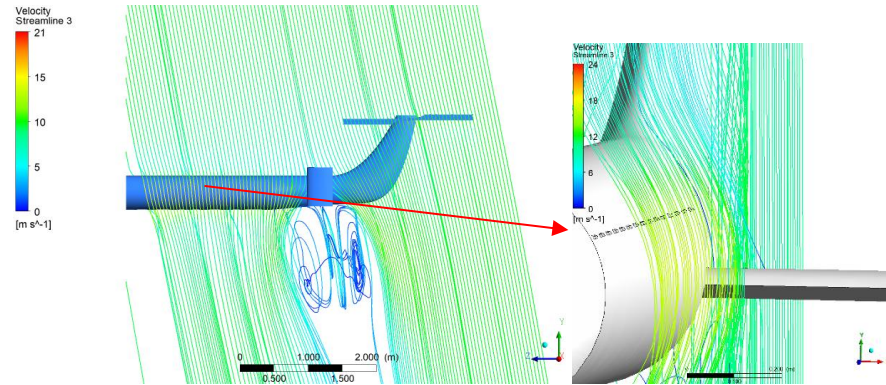
DAFTAR NOTASI

Lambang	Satuan	Keterangan (Besaran)
ρ	Kg/m ³	Kerapatan
γ	N/m ³	Berat
μ	N.s/m ²	Viskositas dinamik
ν	m ² /s	Viskositas kinematik
du/dy	1/s	Laju regangan geser
g	m ² /s	Gravitasi
F	N	Gaya
τ	N/m ²	Tegangan (<i>stress</i>)
ε	m	Regangan (<i>strain</i>)
S	m ²	Luas
C	m	Panjang
v	m/s	Kecepatan
T	K	Suhu
P	Pa	Tekanan
μ	Kg/(ms)	Viskositas udara
C	mach	Kecepatan Suara

DAFTAR SINGKATAN

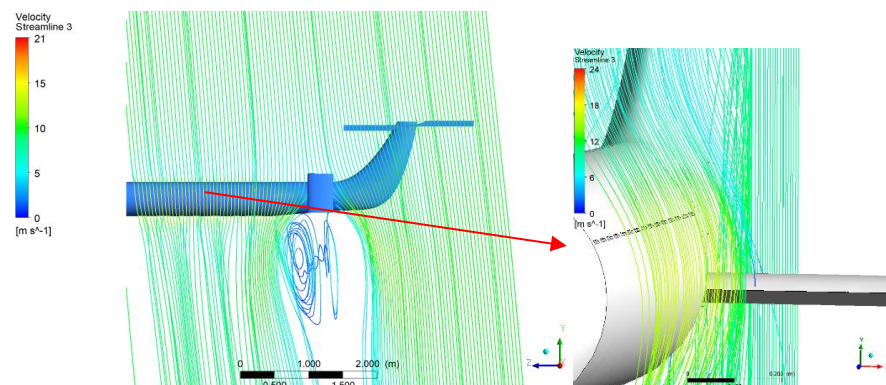
Singkatan	Arti
CL	<i>Coeficient Lift</i>
CD	<i>Coeficient Drag</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
C	<i>Chord</i>
CP	<i>Coeficient Pressure</i>
AOI	<i>Angle of Incidence</i>
SI	<i>Satuan International</i>
VG	<i>Vortex Generator</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>

3. Tail Boom dengan Gothic Vortex Generator Co-rotating 25°



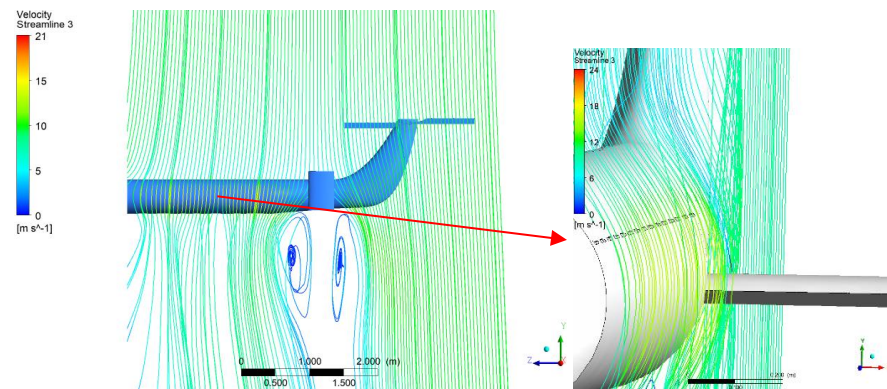
Gambar 4.11 Velocity Streamline Gothic Vortex generator pada AoI -10°

Gambar 4.11 adalah visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* -10°. Pada gambar menunjukkan bahwa perubahan sebaran kecepatan di sekitar *tail boom* beragam dan tidak terlalu signifikan. Terlihat pada *velocity streamline* yang paling efektif yaitu aliran fluida yang melewati permukaan dan sisi bawah *tail boom* ditandai dengan garis aliran warna kuning-oranye. Namun, wake yang terjadi di daerah yang melewati *horizontal stabilizer* yang terpasang di *tail boom*, terlihat cukup besar dan tidak teratur dibandingkan pada *plain tail boom* sudut AoI -10° dan ditandai dengan warna biru pada garis alirannya.



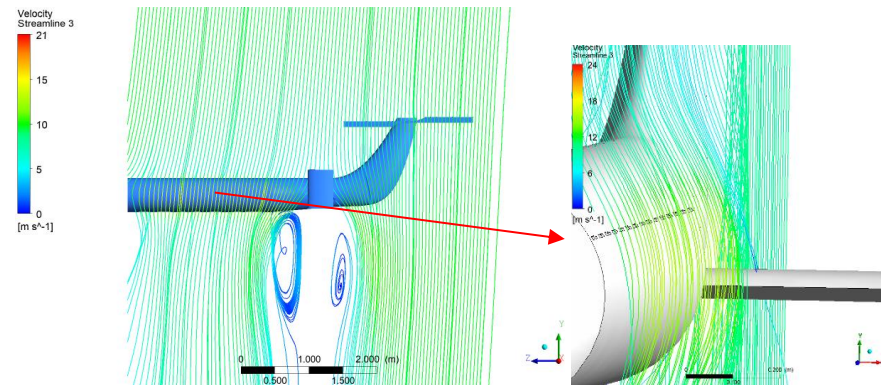
Gambar 4.12 Velocity Streamline Gothic Vortex generator pada AoI -5°

Gambar 4.12 adalah visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* -5° . Pada gambar menunjukkan bahwa perubahan sebaran kecepatan di sekitar *tail boom* beragam dan tidak terlalu signifikan. Terlihat pada *velocity streamline* yang paling efektif hampir sama dengan sudut AoI -10° yaitu aliran fluida yang melewati permukaan dan sisi bawah *tail boom* ditandai dengan garis aliran warna kuning-oranye. Namun, wake yang terjadi di daerah yang melewati *horizontal stabilizer* yang terpasang di *tail boom*, tidak cukup besar dibandingkan pada sudut AoI -10° .



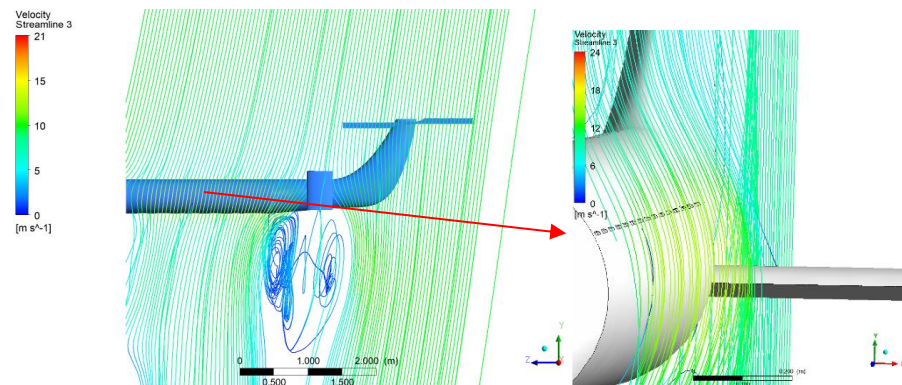
Gambar 4.13 *Velocity Streamline Gothic Vortex generator* pada AoI 0°

Gambar 4.13 adalah visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 0° . Pada gambar menunjukkan bahwa perubahan sebaran kecepatan di sekitar *tail boom* beragam dan tidak terlalu signifikan. Terlihat aliran fluida pada *velocity streamline* tidak seefektif pada sudut AoI negative yang ditunjukkan dengan garis aliran tidak teratur dan terpisah ditandai dengan warna kuning – oranye. Untuk wake yang terjadi di daerah *horizontal stabilizer* yang terpasang di *tail boom*, terlihat tidak cukup besar daripada sudut AoI negative yang menyebabkan aliran fluida tidak beraturan dengan tekanan rendah.



Gambar 4.14 Velocity Streamline Gothic Vortex generator pada AoI 5°

Gambar 4.14 adalah visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 5°. Pada gambar menunjukkan bahwa perubahan sebaran kecepatan di sekitar *tail boom* beragam dan tidak terlalu signifikan. Terlihat aliran fluida pada *velocity streamline* tidak seefektif pada sudut AoI negative yang ditunjukkan dengan garis aliran tidak teratur dan terpisah ditandai dengan warna kuning – oranye. Akan tetapi, aliran fluida lebih teratur dibandingkan dengan objek *plain tail boom*. Untuk wake yang terjadi di daerah *horizontal stabilizer* yang terpasang di *tail boom*, terlihat tidak cukup besar dibandingkan pada sudut AoI -10°.

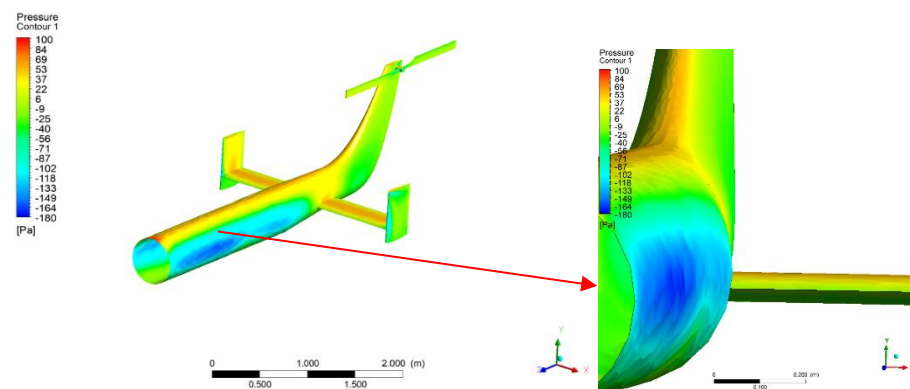


Gambar 4.15 Velocity Streamline Gothic Vortex generator pada AoI 10°

Gambar 4.15 adalah visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 10° . Pada gambar menunjukkan bahwa perubahan sebaran kecepatan di sekitar *tail boom* beragam dan tidak terlalu signifikan. Terlihat aliran fluida pada *velocity streamline* tidak seefektif pada sudut AoI negative yang ditunjukkan dengan garis aliran tidak teratur dan terpisah ditandai dengan warna kuning – oranye. Akan tetapi, aliran fluida lebih teratur dibandingkan dengan objek *plain tail boom*. Untuk wake yang terjadi di daerah *horizontal stabilizer* yang terpasang di *tail boom*, terlihat cukup besar. Namun, tidak cukup besar dibandingkan pada *plain tail boom* sudut AoI -10° .

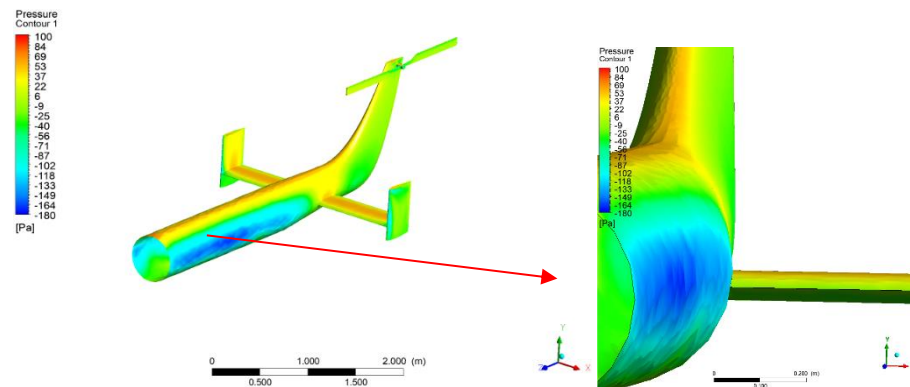
4.1.2 Pressure Contour

1. Plain Tail Boom



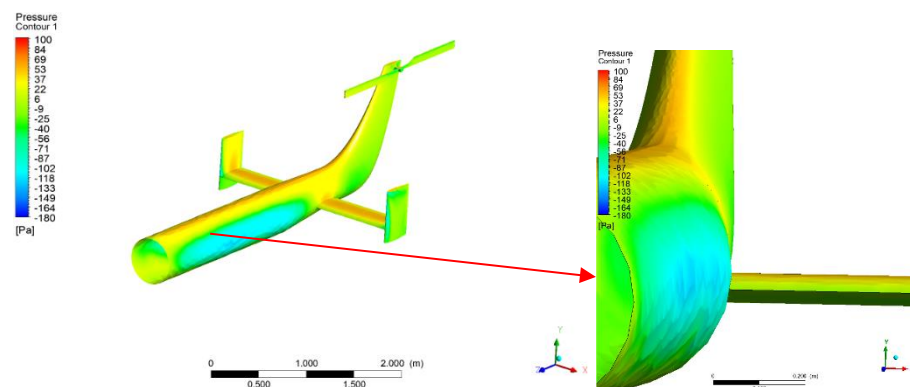
Gambar 4.16 Pressure contour plain tail boom pada AoI -10°

Gambar 4.16 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *plain tail boom* pada variasi *Angle of Incident* -10° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



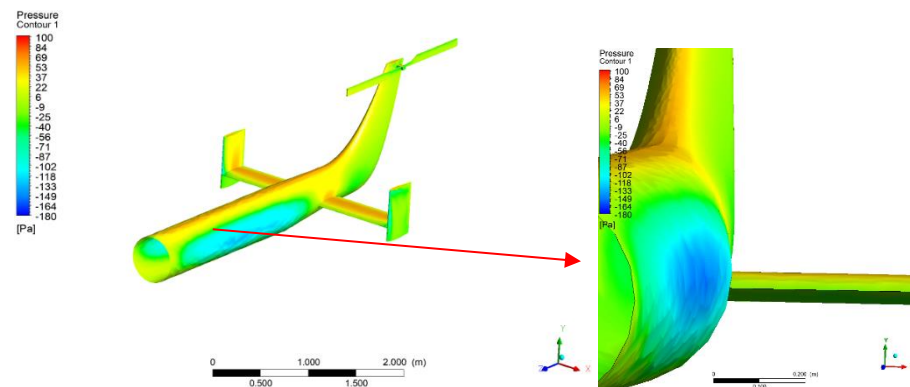
Gambar 4.17 Pressure contour plain tail boom pada AoI -5°

Gambar 4.17 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *plain tail boom* pada variasi *Angle of Incident* -5° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru, dimana sebaran tekanannya lebih merata dibandingkan pada sudut AoI -10° . Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



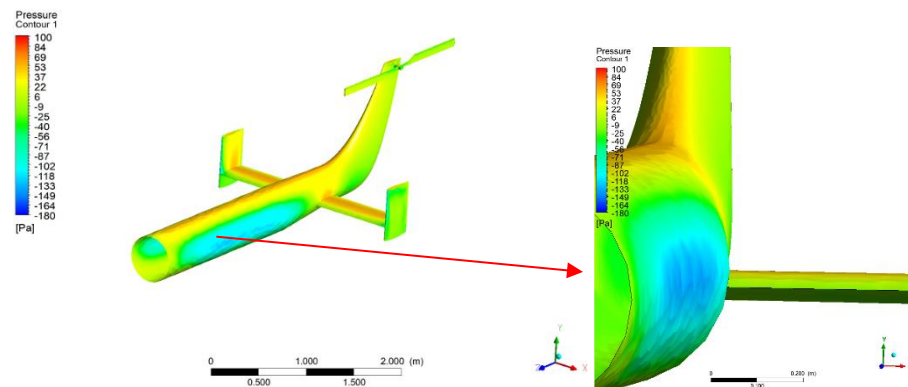
Gambar 4.18 Pressure contour plain tail boom pada AoI 0°

Gambar 4.18 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *plain tail boom* pada variasi *Angle of Incident* 0° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye, tetapi tidak setinggi pada sudut AoI negative dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru, dimana sebaran tekanannya terlihat merata berwarna biru muda dibandingkan pada sudut AoI negative. Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



Gambar 4.19 *Pressure contour plain tail boom pada AoI 5°*

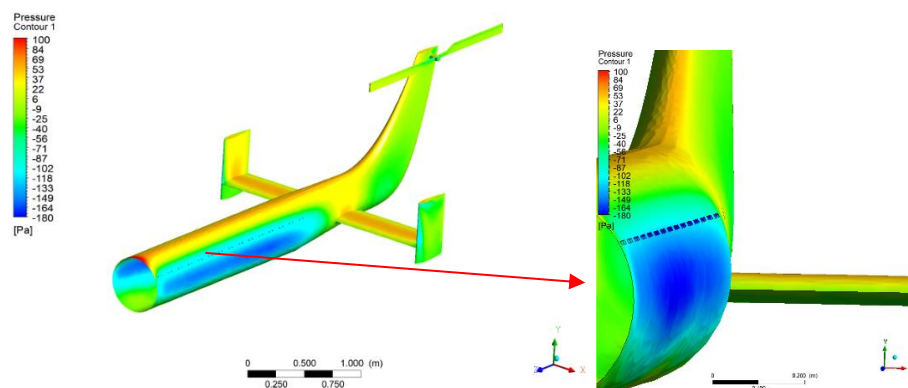
Gambar 4.19 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *plain tail boom* pada variasi *Angle of Incident* 5° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye, hampir sama dengan sudut AoI 0° dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru, dimana sebaran tekanannya terlihat kurang merata berwarna biru muda dibandingkan pada sudut AoI 0° . Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



Gambar 4.20 Pressure contour plain tail boom pada AoI 10°

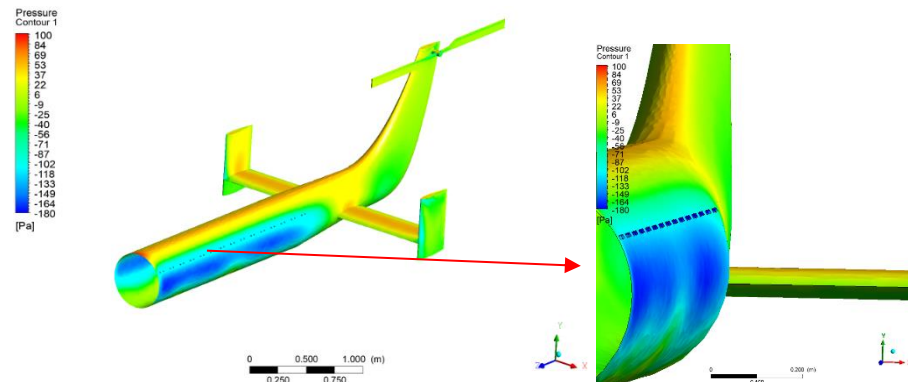
Gambar 4.20 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *plain tail boom* pada variasi *Angle of Incident* 10° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye, hampir sama dengan sudut AoI 5° dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru, dimana sebaran tekanannya terlihat merata berwarna biru muda seperti pada sudut AoI 5° . Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.

2. Tail Boom dengan Rectangular Vortex Generator Co-rotating 25°



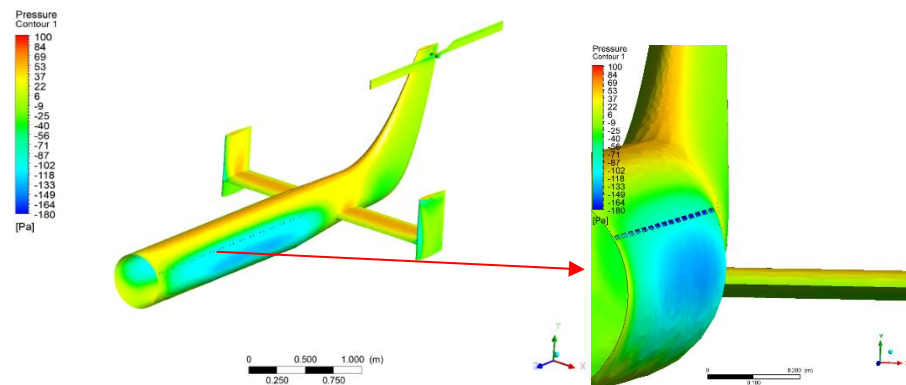
Gambar 4.21 Pressure Contour Rectangular Vortex generator pada AoI -10°

Gambar 4.21 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *rectangular vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* -10° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru gelap di bawah objek *vortex generator*. Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



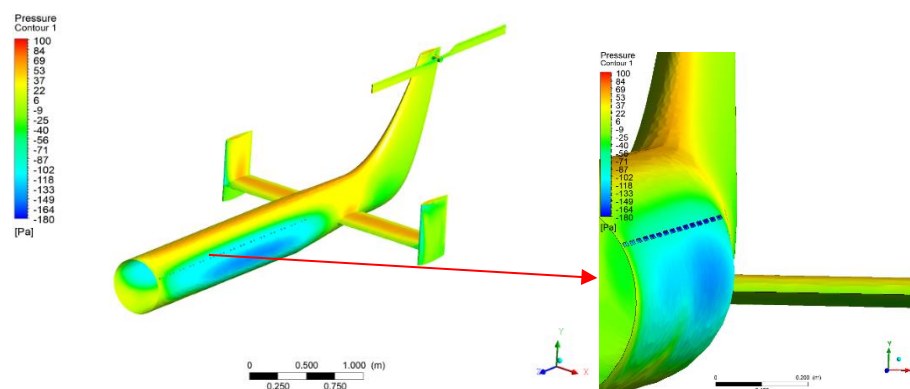
Gambar 4.22 *Pressure Contour Rectangular Vortex generator* pada AoI -5°

Gambar 4.22 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *rectangular vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* -5° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru gelap lebih sedikit dibandingkan pada sudut AoI 10° di bawah objek *vortex generator*. Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



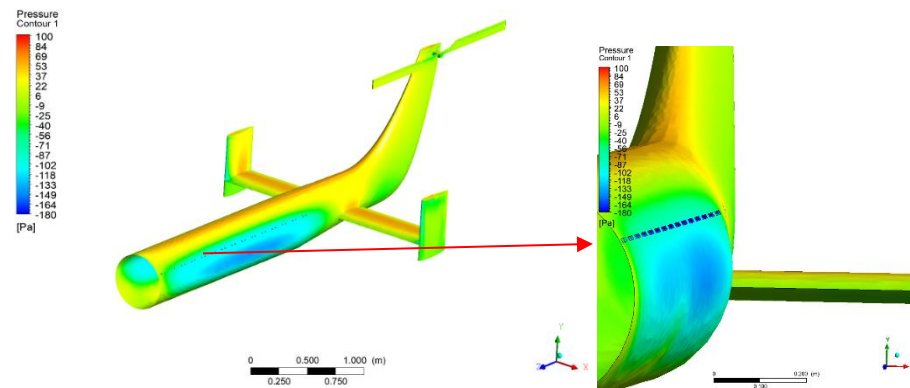
Gambar 4.23 Pressure Contour Rectangular Vortex generator pada AoI 0°

Gambar 4.23 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *rectangular vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 0° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang tidak setinggi sudut AoI negative yang ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Namun, pada bagian bawah objek *vortex generator* tekanan sedikit meningkat dibandingkan pada sudut AoI negative.



Gambar 4.24 Pressure Contour Rectangular Vortex generator pada AoI 5°

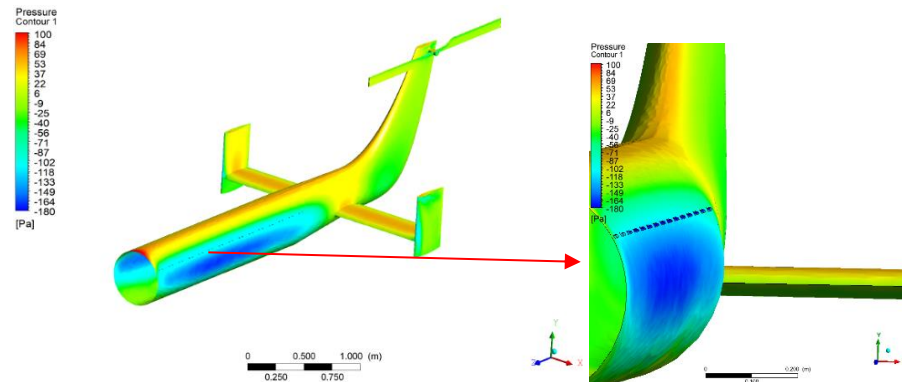
Gambar 4.24 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *rectangular vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 5° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang tidak setinggi sudut AoI negative yang ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Namun, pada bagian bawah objek *vortex generator* tekanan kembali sedikit meningkat dibandingkan pada sudut AoI negative dan menurun dibandingkan sudut AoI 0° dengan ditandai warna biru tua lebih luas.



Gambar 4.25 *Pressure Contour Rectangular Vortex generator* pada AoI 10°

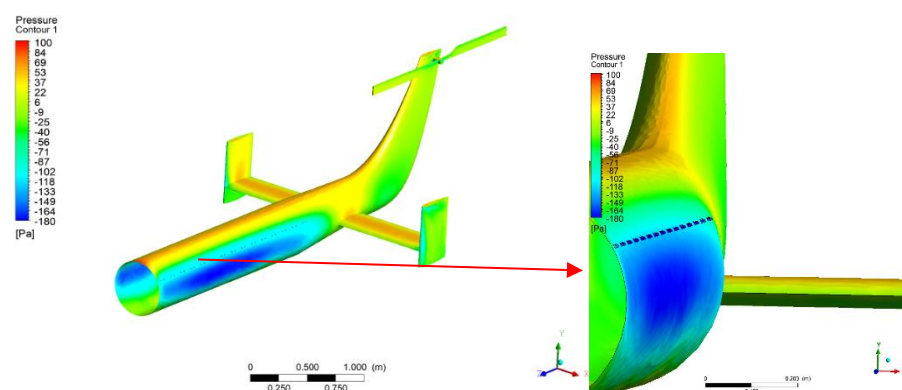
Gambar 4.25 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *rectangular vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 10° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang tidak setinggi sudut AoI negative yang ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Namun, pada bagian bawah objek *vortex generator* tekanan sedikit meningkat dibandingkan pada sudut AoI negative dan menurun seperti pada sudut AoI 5° dengan ditandai warna biru tua.

3. Tail Boom dengan Gothic Vortex Generator Co-rotating 25°



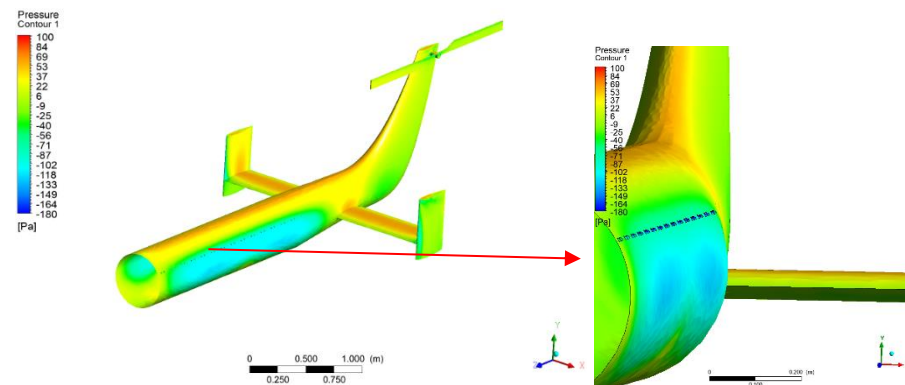
Gambar 4.26 Pressure Contour Gothic Vortex generator pada AoI -10°

Gambar 4.26 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* -10°. Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru gelap di bawah objek *vortex generator*. Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



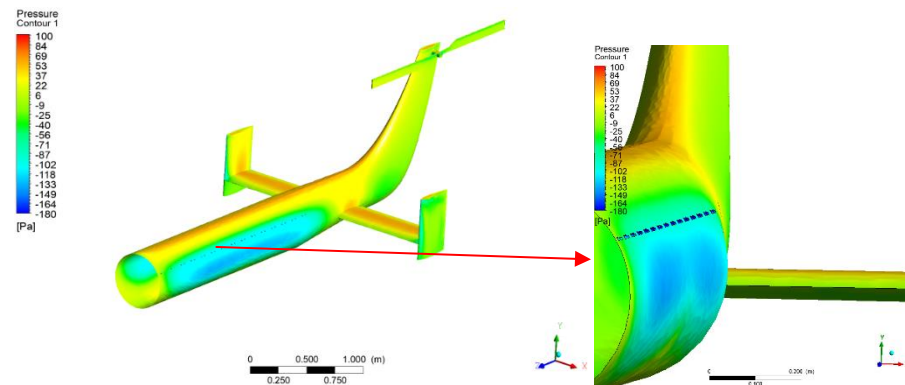
Gambar 4.27 Pressure Contour Gothic Vortex generator pada AoI -5°

Gambar 4.27 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* -5° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang cukup tinggi ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru gelap lebih sedikit dibandingkan pada sudut AoI -10° di bawah objek *vortex generator*. Kemudian tekanan kembali meningkat pada bagian bawah *tail boom* ditandai dengan warna kuning.



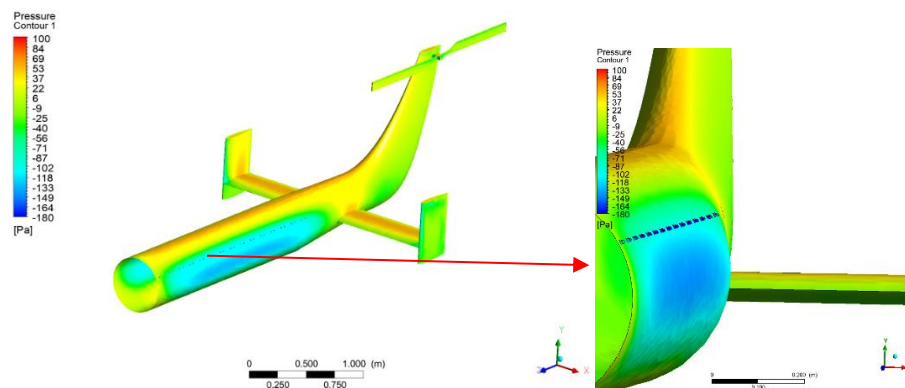
Gambar 4.28 Pressure Contour Gothic Vortex generator pada AoI 0°

Gambar 4.28 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 0° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang tidak setinggi sudut AoI negative yang ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Namun, pada bagian bawah objek *vortex generator* tekanan sedikit meningkat dibandingkan pada sudut AoI negative ditandai dengan kontur warna biru muda.



Gambar 4.29 Pressure Contour Gothic Vortex generator pada AoI 5°

Gambar 4.29 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 5°. Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang tidak setinggi sudut AoI negative yang ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Namun, pada bagian bawah objek *vortex generator* tekanan kembali sedikit meningkat dibandingkan pada sudut AoI negative dan menurun dibandingkan sudut AoI 0° dengan ditandai warna biru tua lebih luas.



Gambar 4.30 Pressure Contour Gothic Vortex generator pada AoI 10°

Gambar 4.30 merupakan visualisasi hasil simulasi dari benda uji jenis *gothic vortex generator* pada variasi *Angle of Incident* 10° . Pada gambar menunjukkan bahwa *pressure contour* di sekitar *tail boom* beragam, terlihat pada permukaan atas *tail boom* memiliki tekanan yang tidak setinggi sudut AoI negative yang ditandai dengan warna oranye dan memudar pada sisi samping *tail boom* yang menandakan tekanan menurun dengan kontur warna biru. Namun, pada bagian bawah objek *vortex generator* tekanan sedikit meningkat dibandingkan pada sudut AoI negative dan menurun seperti pada sudut AoI 5° dengan ditandai warna biru tua.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil visualisasi sebaran aliran kecepatan menunjukkan bahwa *gothic vortex generator* memiliki nilai sebaran aliran kecepatan yang lebih efisien, sedangkan nilai sebaran aliran kecepatan paling tidak efisien terjadi pada objek *plain tail boom*. Hal ini dilihat dari beragam warna aliran *velocity streamline* dan wake yang terjadi di bawah *horizontal stabilizer*.
2. Dari hasil visualisasi sebaran tekanan menunjukkan bahwa *plain tail boom* memiliki nilai sebaran tekanan yang lebih tinggi, sedangkan nilai sebaran tekanan terendah terjadi pada objek *gothic vortex generator*. Hal ini dilihat dari sisi samping permukaan *tail boom* sesuai dengan indikator warna yang tertera.
3. Dari beberapa simulasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi *vortex generator* memiliki perubahan yang beragam dan tidak terlalu signifikan pada *tail boom*.

5.2 Saran

1. Melaksanakan penelitian sesuai *timeline* yang telah ditentukan mulai dari rencana hingga penyelesaian kegiatan.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah parameter aerodinamika dan penentuan variable bebas yang akan dikaji.

DAFTAR PUSTAKA

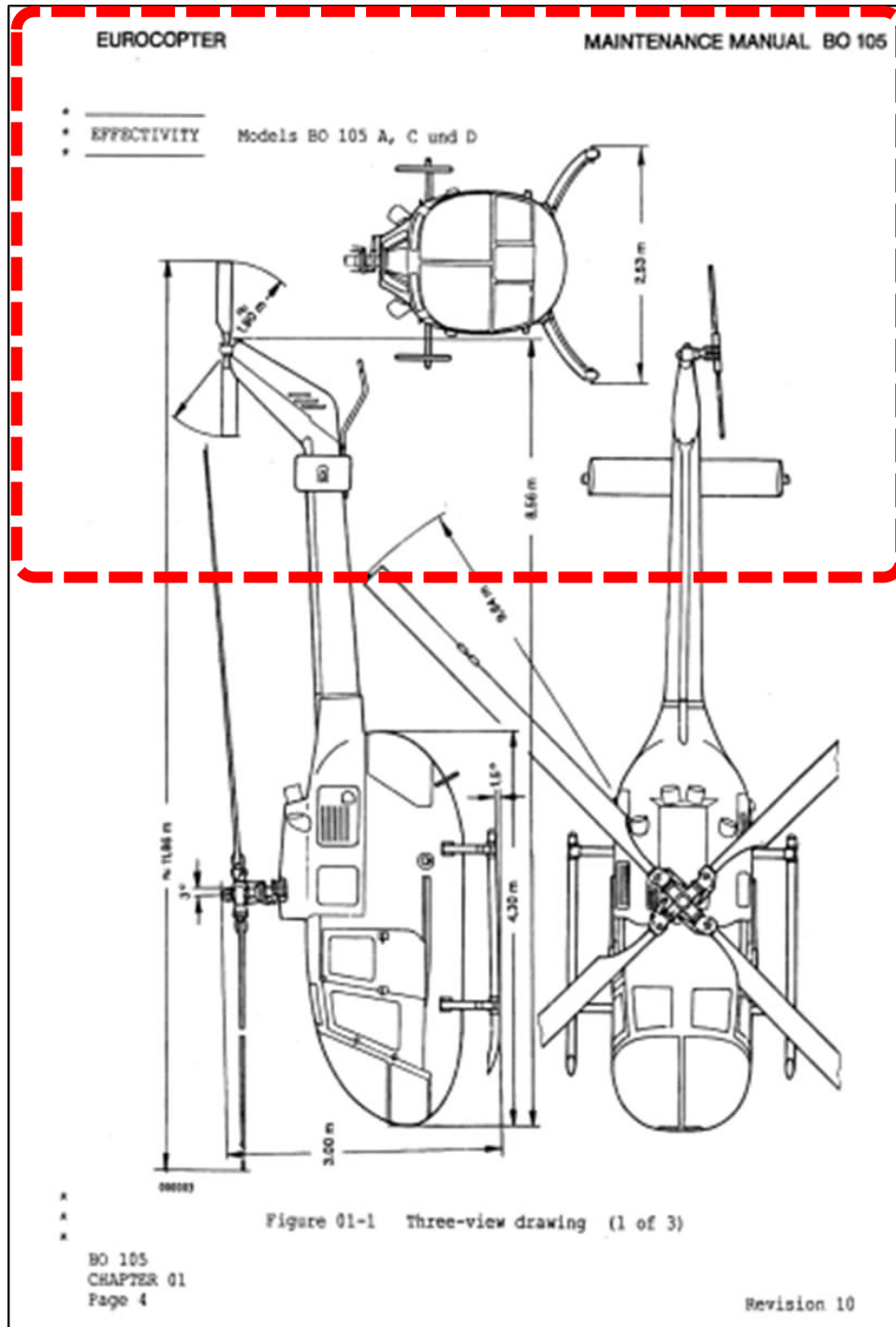
- Andriyanto, Aristo. 2016. *Studi Numerik Optimasi Posisi Vortex Generator Guna Mereduksi Aliran Sekunder Dekat Endwall Pada Airfoil British 9C7/32*. (Tugas Akhir) Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Diambil dari <http://repository.its.ac.id/1393/>
- Aryanti, Nadira Wahyu. 2020. *Analisis Pengaruh Penambahan Rectangular Riblets dan V-Groove Riblets Terhadap Performa Aerodinamik Airfoil NACA 2412*. (Tugas Akhir) Surabaya: Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Suarabaya.
- Azmi, Ulul. 2017. *Studi Eksperimen dan Numerik Pengaruh Penambahan Vortex Generator Pada Airfoil NASA LS-0417*. (Tugas Akhir) Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institute Teknologi Sepuluh Nopember. Diambil dari <http://repository.its.ac.id/2092/>
- Cavcar. Mustafa. 2003. *Airfoil Terminology*. Diambil dari www.coaportal.com?Aerodynamics/3-Airfoil-Terminology.pdf.
- Dwisantoso, D. 2011. *Berat Jenis*, 12–19.
- Federal Aviation Administration (FAA), Helicopter Flying Handbook. (2019). *Aerodynamics of Flight, Chapter 2*. U.S. Department of Transportation.
- Ghofar, Arif Maulana 2018. *Pemilihan Sudut Pasang Airfoil NACA 2412 pada tail UAV MALE dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Optimal*. (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri UII Yogyakarta, 2018). Diambil dari <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/7281>
- Hamdika, Robbi. 2012. *Analisis Pengaruh Penambahan Vortex Generator Terhadap Karakteristik Aerodinamika Sayap PTTA Elang Laut PT. Crita Boat Indonesia*. (Tugas Akhir) Jurusan Teknik Penerbangan, Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio Bandung. Diambil dari <https://www.slideshare.net/RobbiHamdika1/analysis-vortex-generator>
- Haryadi, Setyo. Sutardi. Wawan Aris Widodo. 2017. *Drag Reduction Analysis of Wing Airfoil E562 with Forward Wingtip Fence at Cant Angle Variations of 75° and 9°*. Diambil dari <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5049994>
- Haryadi, Setyo. Wawan Aries Widodo. 2015. *Studi Numerik Efek Variasi Posisi Vortex Generator Terhadap Boundary Layer Pada Airfoil NACA 43018*.

- Institute Teknologi Sepuluh Nopember. Diambil dari <http://research-report.umm.ac.id/index.php/sentra/article/download/2098/2172>
- Hidayat, M Fajri. 2014. *Analisa Aerodinamika Airfoil NACA 0012 Dengan ANSYS FLUENT*. (Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 2014). Diambil dari <https://docplayer.info/35373218-Analisa-aerodinamika-airfoil-naca-0012-dengan-ansys-fluent-abstrak.html>
- Houghton, E. L. et. all. (2013). “*Aerodynamics for Engineering Students (Sixth Edition)*”. Amsterdam: Elsevier.
- Houghton, E. L. et. all. (2017). “*Aerodynamics for Engineering Students (Seventh Edition)*”. Amsterdam: Elsevier.
- Ilmu Terbang. 2011. *Gaya pada pesawat terbang*. Diakses dari www.ilmuterbang.com
- Jackson. Tom. 2006. *Rahasia Di Balik Helikopter*, Pakar Raya, Bandung.
- Kurniawan, Dicky. 2018. *Analisis Aerodinamika pada Sayap V-Tail UAV MALE (Unmanned Aerial Vehicle Medium Altitude Long Endurance) Akibat Laju Aliran Udara Dengan Menggunakan Software Computational Fluid Dynamic (CFD)*. (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri UII Yogyakarta, 2018). Diambil dari https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/7881/Laporan%20Tugas%20Akhir_Dicky%20Kurniawan_14525046_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lubis, M. Mirsal. (2012). *Analisis Aerodinamika Airfoil Naca 2412 Pada Sayap Pesawat Model Tipe Glider Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Maksimum*. Departemen Teknik Mesin. Jurnal e-Dinamis, Vol. 2(02).
- Munson, Bruce R. 2004. *Mekanika Fluida* (Edisi Keempat). Jakarta. Erlangga.
- Raharjo, Panggih. 2010. “Terminologi Airfoil”. Diambil dari <https://panggih15.wordpress.com/2010/01/28/terminologi-airfoil/>
- Raharjo, Panggih. 2010. “Teori Airfoil”. Diambil dari <https://panggih15.wordpress.com/2010/01/30/teori-airfoil/>
- Rajendran, A. K., Shobhavathy, M. T., & Kumar, R. A. (2015). CFD analysis to investigate the effect of vortex generators on a transonic axial flow compressor stage. ASME 2015 Gas Turbine India Conference, GTINDIA 2015, 1–8. <https://doi.org/10.1115/GTINDIA2015-1313>

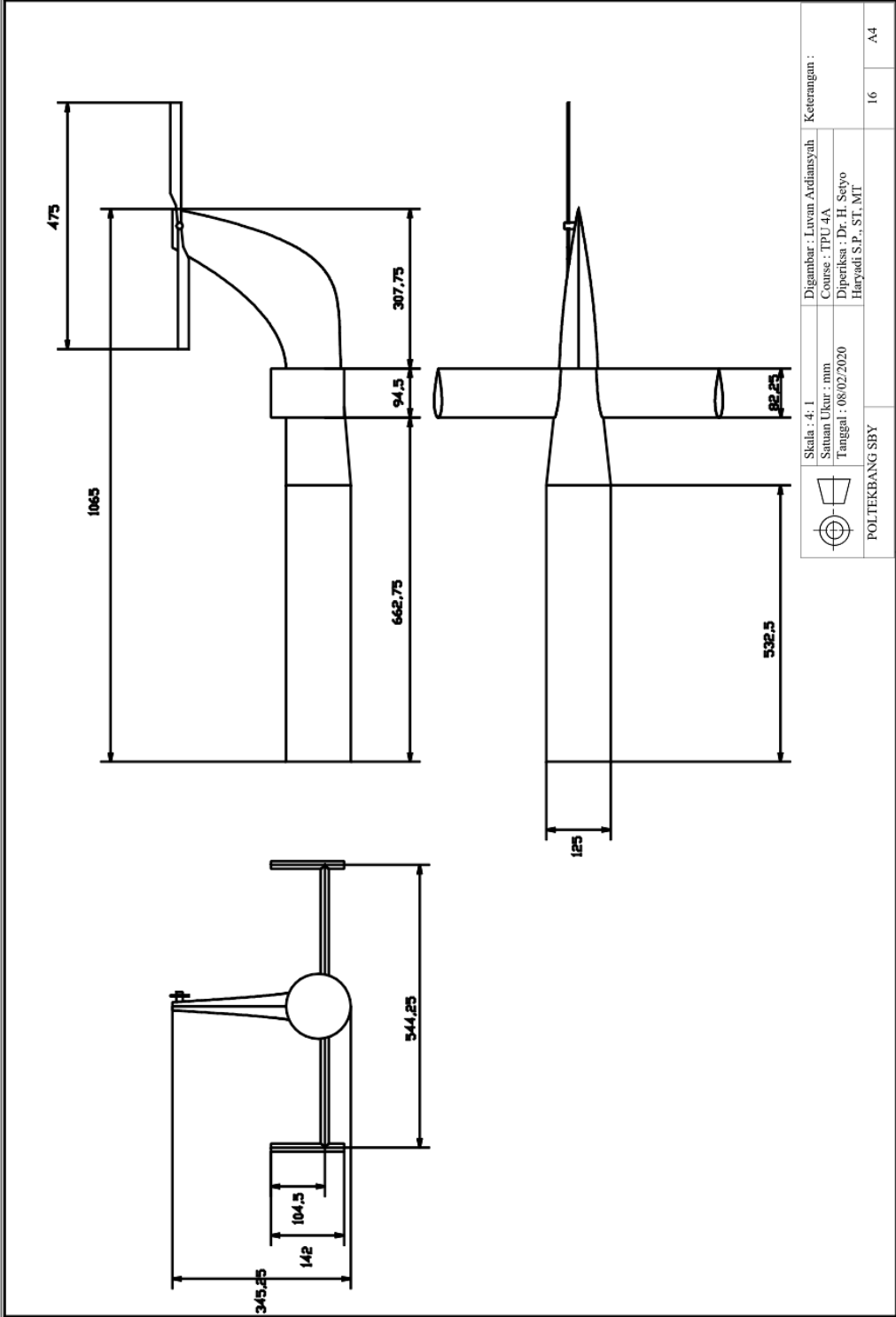
- Rotorex. Flitetest. 2015. "Shape of vortex generetaor" Diambil dari <https://www.flitetest.com/articles/vortex-generator-design-tips-and-experimentation> (accessed 12 10, 2018).
- Shim, HoJoon et. all. 2017. *Wake Characteristics of Vane-Type Vortex Generator*. Daejon, Korea Advanced Institute of Science and Technology.
- Sugiarto, Tris. 2008. *Analisa Karakteristik Airfoil Naca 4412 Dengan Metode Wind Tunnel. Intuisi Teknologi dan Seni*. Diambil dari <http://ejournal.stt-wiworotomo.ac.id/index.php/iteks/article/view/52>
- Suseno. 2010. *Gaya pada airfoil*. Diakses dari <http://michael-suseno.blogspot.com/2011/09/airfoil.html>
- White T.F. 1998. *Fluid Mechanics Fourth Edition*. United States: McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering.
- Widyangga, M. Amri. (2013). "Aplikasi Metode Elemen Hingga Untuk Analisis". Diambil dari <http://amriwidiangga.blogspot.co.id/2013/01/aplikasi-metodeelemen-hingga-untuk.html>
- Wijaya, Radiaprima Kartika. 2015. *Studi Numerik Tentang Pengendalian Aliran Sekunder Pada Airfoil NASA LS-0417 Dengan Vortex Generator Di Dekat Endwall*. (Tugas Akhir) Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institute Teknologi Sepuluh Nopember. Diambil dari <http://repository.its.ac.id/52027/>

LAMPIRAN

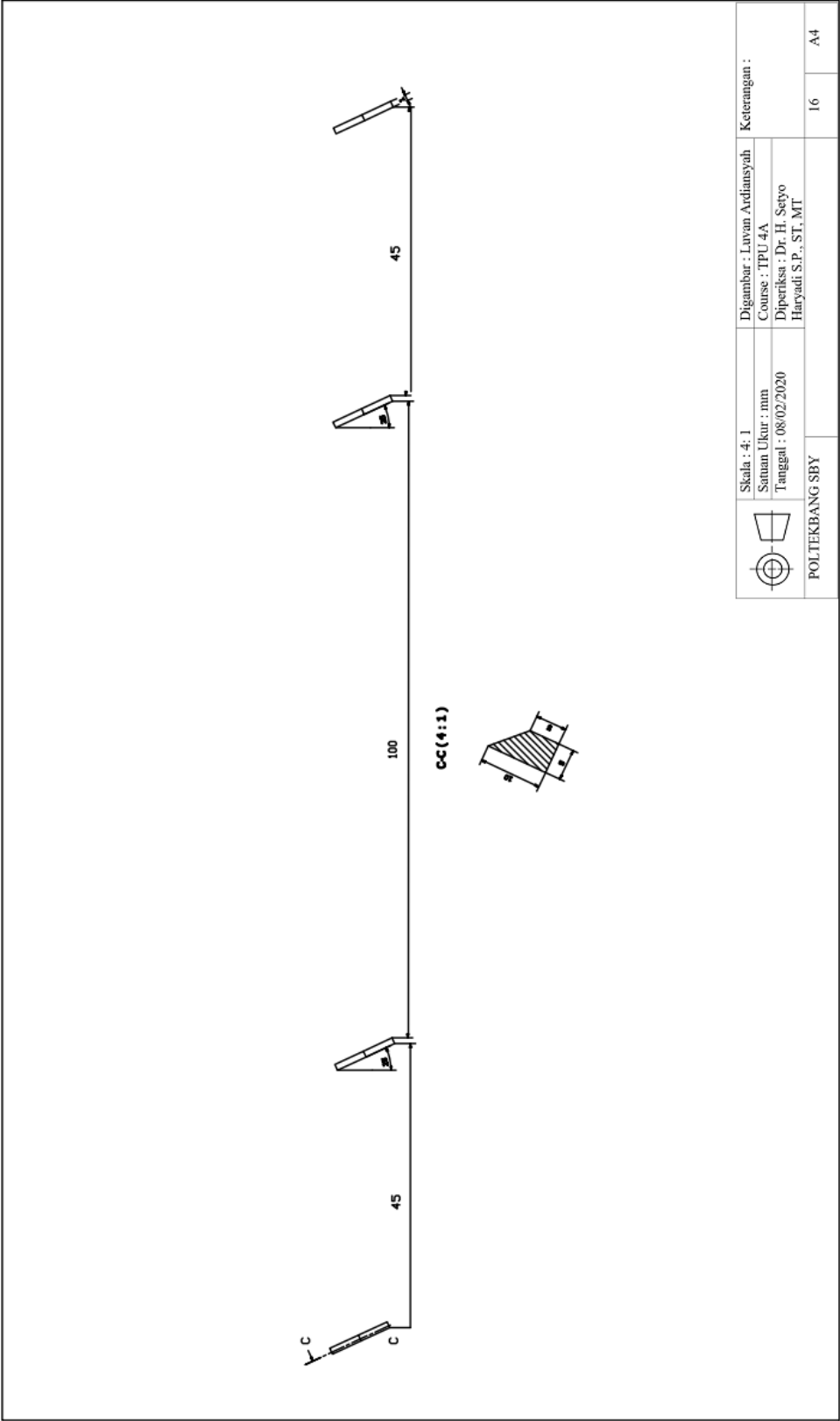
Lampiran A-1. Desain Tail Boom BO 105 di Maintenance Manual



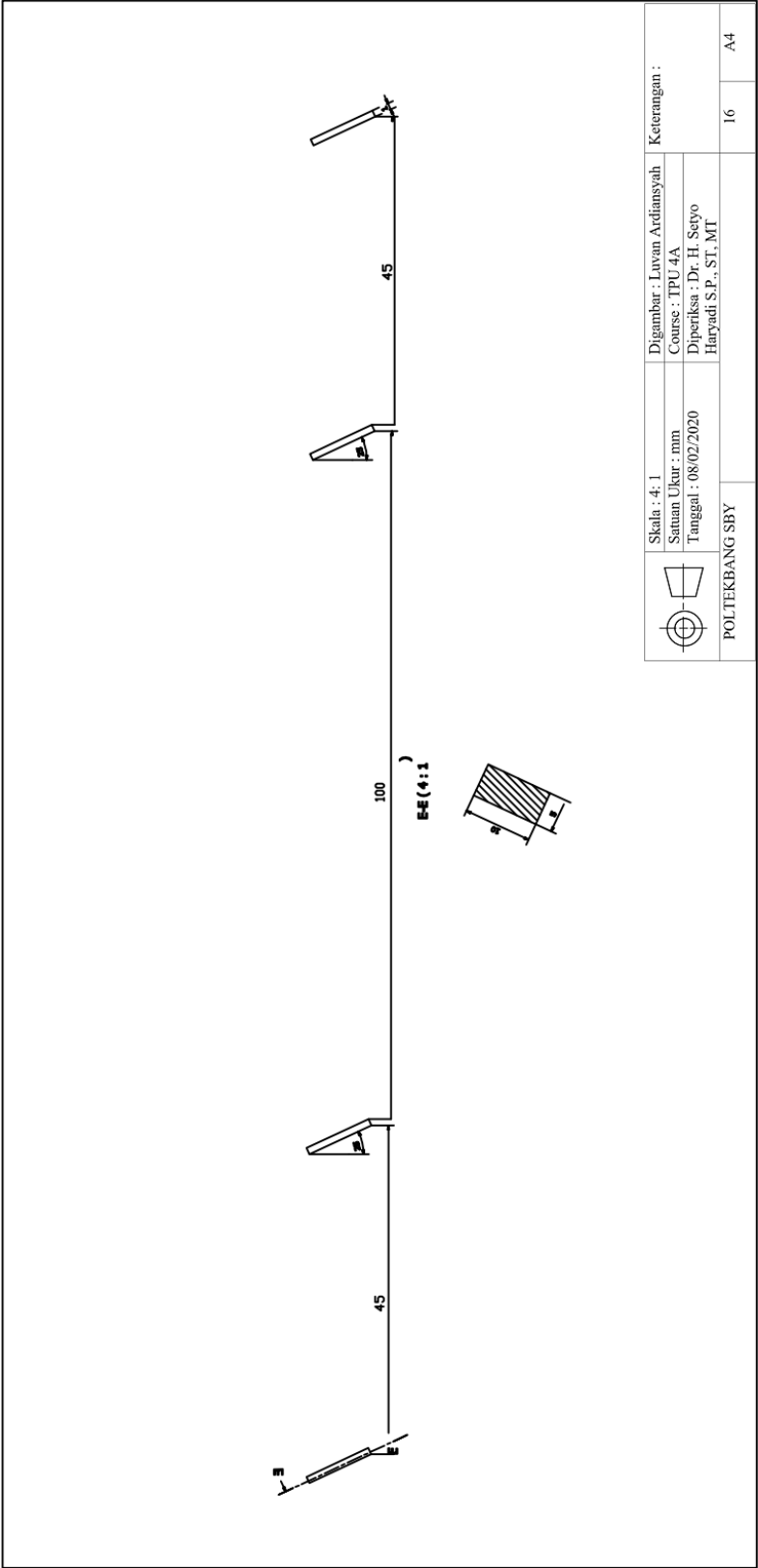
Lampiran B-1. Desain benda uji *Tail Boom* BO 105



Lampiran B-2. Desain benda uji Gothic Vortex Generator



Lampiran B-3. Desain bena uji *Rectangular Vortex Generator*



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Luvan Ardiansyah lahir di Kediri pada tanggal 13 Juni 1999. Merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Juri dan Ibu Purwati. Bertempat tinggal di Jl. Atmowijoyo, RT.03/RW.01, Desa Ringinsari, Kecamatan Kandat, Kabupaten Kediri. Memulai pendidikan di TK AL-FAJAR Kecamatan Kandat periode 2004-2006, melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 01 Ringinsari pada tahun 2006 dan lulus tahun 2012. Melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 01 Ngadiluwih pada tahun 2012 dan lulus tahun 2015. Melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 04 Kediri pada tahun 2015 dan lulus tahun 2018. Selanjutnya pada tahun 2018 diterima sebagai taruna Politeknik Penerbangan Surabaya pada program diploma 3 teknik pesawat udara angkatan 4 Alpha sampai dengan saat ini. Selama mengikuti pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, telah mengikuti on the job training di Hanggar 2 PT. Travira Air Jakarta pada bulan April hingga bulan Juni 2021.