

# **ANALISIS ALIRAN FLUIDA PADA DESAIN AWAL CHAMBER SENSOR LABORATORIUM TERBANG DENGAN METODE CFD**

## ***FLUID FLOW ANALYSIS ON INITIAL DESIGN OF AIRBORNE LABORATORY SENSOR CHAMBER WITH CFD METHOD***

Sartika<sup>1</sup>, Mohamad Farraz<sup>2</sup>, Sumaryati<sup>1</sup>, Soni Aulia Rahayu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

<sup>2</sup>Program Studi Aeronotika dan Astronotika - Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara ITB

Email: sartika@lapan.go.id

### **Abstrak**

*Chamber* sensor merupakan suatu ruang untuk menempatkan sensor parameter atmosfer yang diletakkan di dalam pod milik LSA. Desain *chamber* menentukan karakteristik aliran udara yang akan melewati *chamber*. Diharapkan dari desain tersebut diperoleh *properties* udara di dalam sama dengan *properties* udara di luar *chamber*. Karakteristik aliran udara tersebut dibutuhkan untuk keakuratan pengukuran sensor parameter atmosfer. Untuk itu telah dirancang desain awal dari *chamber* sensor yang akan digunakan pada pengembangan kegiatan penelitian Laboratorium Terbang. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis aliran fluida pada desain awal dari *chamber* tersebut. Metode yang digunakan yaitu *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan bantuan *software* ANSYS. Proses analisis dimulai dengan membuat geometri *chamber* berbentuk *airfoil* dengan menggunakan CAD. Kemudian melakukan diskritisasi (proses *meshing*) dan *set-up* kondisi batas lalu dilanjutkan *processing* menggunakan ANSYS CFX. Dari hasil analisis didapatkan desain awal *chamber* belum sempurna, karena masih terjadi pelepasan aliran setelah melewati *diffuser*. Sementara untuk mengantisipasi pelepasan aliran pada *Inlet chamber* dapat dilakukan dengan membuat *Inlet* yang aerodinamis.

Kata kunci: *Chamber*, CFD, ANSYS, aliran fluida

### **Abstract**

*Sensor chamber is a room to place the sensor of atmospheric parameters in the LSA's pod. The chamber design determines the characteristics of the airflow that will pass through the chamber. It is expected from the design to obtain the air properties inside as same as the air properties outside the chamber. Such airflow characteristics are required for the accuracy of atmospheric sensor measurement results. For that purpose has been designed the initial design of chamber sensors that will be used in the development of Airborne Laboratory. This study was conducted to analyze the fluid flow in the initial design of the chamber. We used Computational Fluid Dynamics (CFD) method with ANSYS software. The analytical process begins with creating an airfoil-shaped chamber geometry using CAD. Then we do the meshing process and set-up the boundary conditions then proceed using ANSYS CFX. From the analysis results obtained the initial design of chamber has been not perfect, because there was still release of flow after passing diffuser. Meanwhile, to anticipate the release of flow in the Inlet chamber can be done by making the aerodynamic Inlet.*

*Key words: Chamber, CFD, ANSYS, fluid flow*

## **1. PENDAHULUAN**

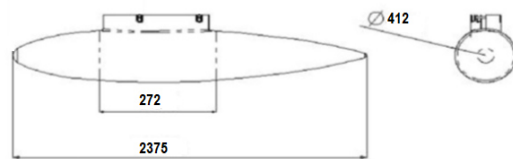
Rencana kerja sama penelitian multi internasional yang tergabung dalam YMC (*Years of the Maritime Continent*) yang akan berlangsung pada tahun 2017 – 2019 menuntut LAPAN untuk mengembangkan laboratorium terbang untuk pengamatan atmosfer di atas benua Maritim Indonesia. Laboratorium pengamatan atmosfer dengan pesawat ini akan digunakan *campaign* secara serempak dengan sistem pengamatan lain yang beroperasi di lautan dan daratan dalam wilayah benua Maritim Indonesia.

Pengamatan parameter fisika dan kimia atmosfer oleh PSTA LAPAN dilakukan dengan berbasis satelit dan terrestrial. Pengamatan secara terrestrial dilakukan dengan beberapa sistem peralatan yang

ditempatkan pada permukaan dan juga beberapa sistem peralatan yang mengukur secara vertikal [1]. Pengamatan parameter atmosfer secara vertikal selama ini sudah dilakukan dengan wahana balon stratosfer seperti radiosonde, ozonsonde dan CO<sub>2</sub>, serta pengamatan atmosfer dengan wahana roket. Untuk melengkapi pengamatan parameter atmosfer pada lapisan troposfer secara langsung pada lapisan atas, maka perlu dikembangkan pengamatan dengan wahana pesawat terbang. Keunggulan pengamatan dengan menggunakan wahana pesawat terbang dibanding dengan roket sonde ataupun balon stratosfer adalah jelajahnya dapat dikendalikan sesuai dengan kebutuhan penelitian [2].

Pesawat yang akan digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah pesawat LSA-UAV milik LAPAN. LAPAN *Surveillance Aircraft* (LSA) merupakan pesawat hasil kerja sama dengan TU-Berlin yang dapat membawa 2 penumpang [3]. LSA memiliki spesifikasi panjang sayap 18 m, panjang *body* 8,52 m, tinggi 2,45 m, *rotax engine* 115 hp MTO (Max Takeoff Power) 100 hp MCP (Max Continuous Power) dengan 3 *blade propeller*, bahan bakar AVGAS dengan kapasitas 2x65 ltr, *maximum take of weight* (MTOW) 1100 kg, berat *crew* mak. 220 kg, berat maksimal *payload* di bawah sayap 2x80 kg, panjang landasan *take-off* ~ 450 m dan panjang landasan untuk *landing* ~ 250 m, kecepatan terbang pada ketinggian 5000 m adalah 250 km/h dan kebutuhan bahan bakar 16,5 ltr/h pada 60% MCP [4]. Sensor parameter atmosfer yang digunakan dalam penelitian ini akan diletakkan di dalam *chamber* pod yang melekat pada masing-masing sayap pesawat.

Sensor parameter atmosfer yang akan diletakkan pada *chamber* pod LSA antara lain adalah sensor partikulat, temperatur, kelembaban, tekanan dan CO<sub>2</sub>. Sensor partikulat yang digunakan yaitu PM2.5 Laser yang merupakan sensor konsentrasi partikel digital universal, dapat digunakan untuk mendapatkan jumlah partikel dalam satuan volume udara dalam 0,3 sampai 10 mikron, memiliki waktu respon kurang dari 10 detik dan dapat bekerja pada rentang suhu -20<sup>0</sup> ~ 50<sup>0</sup>C. Sensor DS 1820 merupakan sensor suhu memiliki kemampuan untuk mengukur suhu pada kisaran -55<sup>0</sup>C sampai 125<sup>0</sup>C dan bekerja secara akurat dengan kesalahan ± 0,5<sup>0</sup>C pada kisaran -10<sup>0</sup>C sampai 85<sup>0</sup>C dengan waktu respon 750-800 ms. DHT-22 adalah sensor suhu dan kelembaban, mengukur kelembaban dengan rentang 0-100% RH dengan akurasi ±2% RH dan memiliki waktu respon 2 detik. Sensor tekanan yang digunakan adalah MPL3115A2 yang tidak hanya dapat mengukur tekanan tapi juga ketinggian mulai dari 30 cm. Vaisala Karbon Dioksida Seri Modul GMM220 merupakan sensor CO<sub>2</sub> yang digunakan dalam perancangan laboratorium terbang ini. Sensor ini berbasis Infra merah Non Dispersif yang dapat mengukur pada konsentrasi tinggi maupun rendah hingga 10.000 ppm dengan akurasi pada suhu 25<sup>0</sup>C, 1013 hPa. Sensor ini juga memiliki waktu respon 30 detik dengan waktu pemanasan 15 menit.



Gambar 1. Pesawat LSA (doc: Febri K.A Siahaan)

Pengukuran dengan wahana pesawat memiliki teknik khusus karena gerakan pesawat yang relatif cepat sedangkan masing-masing sensor memiliki waktu respon yang berbeda-beda. Sehingga pemilihan sensor dengan waktu respon yang cepat sangat dipertimbangkan agar dapat mengimbangi perubahan kecepatan pesawat. Gerakan pesawat yang relatif cepat itu akan menambah tekanan udara yang masuk ke dalam *chamber* sehingga memungkinkan menciptakan *error* dalam pengukuran [5]. Faktor *error* tersebut harus dikoreksi agar mendapatkan nilai pengukuran parameter atmosfer yang akurat [6]. Selain itu aspek keamanan penerbangan perlu dipahami dalam mendesain sistem pengamatan dengan wahana pesawat ini.

Berdasarkan adanya beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan laboratorium terbang ini, maka perlu dilakukan simulasi aliran udara disekitar pod pesawat. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui keadaan udara disekitar pod dan yang masuk ke dalam *chamber*. Aliran

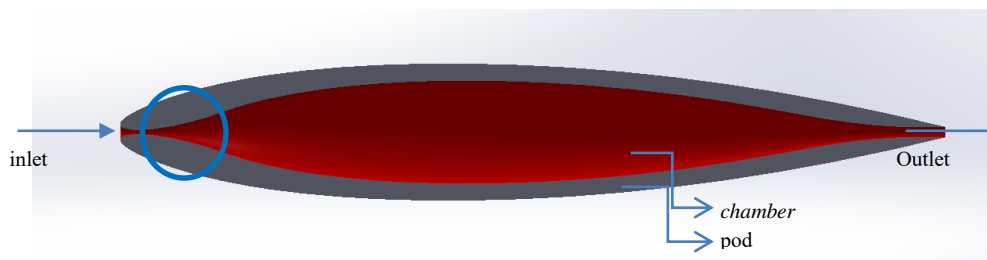
udara yang diharapkan masuk ke dalam *chamber* adalah aliran udara yang alami sehingga kondisi udara di luar dan di dalam *chamber* hampir sama. Maka diharapkan akan diperoleh hasil pengukuran yang sesuai dengan kondisi atmosfer yang sebenarnya. Simulasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *Computational Fluid Dynamics* (CFD) [7].

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya [8]. CFD mengkhususkan pada fluida, mulai dari aliran fluida, *heat transfer* dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa, serta *species* penghitungan dengan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses penghitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan dilibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang dibangkitkan dengan memasukkan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition* [9]. *Boundary condition* adalah kondisi di mana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat.

## 2. METODOLOGI

*Chamber* sensor merupakan suatu ruang untuk menempatkan sensor parameter atmosfer yang diletakkan di dalam pod LSA. Karakteristik aliran yang dibutuhkan di dalam *chamber* yaitu *properties* udara di dalam sama dengan *properties* udara di luar *chamber*. Oleh sebab itu dipilihlah desain *chamber* berbentuk *airfoil* [10][11]. Keuntungan *chamber* berbentuk *airfoil* ini adalah dapat meminimalisasi terjadinya pelepasan aliran di dalam *chamber* (sehingga tekanan dan temperatur total sama sepanjang *chamber*)[12]. Selain itu keunggulan menggunakan bentuk seperti ini adalah tidak perlu menggunakan pompa ataupun *fan* untuk membuat udara masuk ke dalam *chamber*.

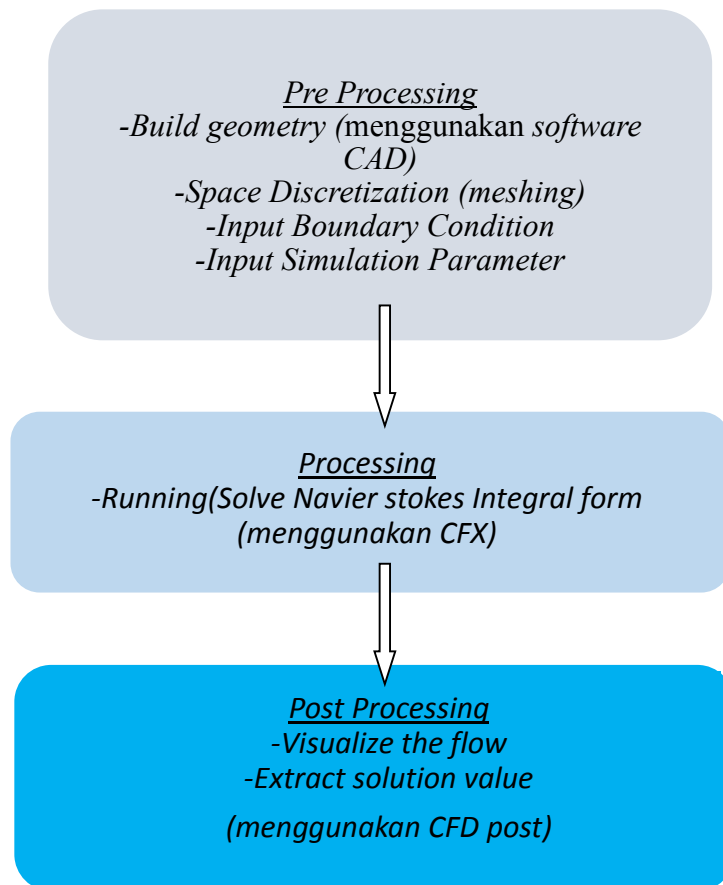
Konsep desain awal *chamber* diperlihatkan pada Gambar 2. Desain ini diharapkan dapat membentuk aliran udara yang alami tanpa adanya tekanan tambahan ke dalam *chamber*. Aliran udara yang alami akan membuat kondisi udara di dalam maupun di luar *chamber* hampir sama, sehingga karakteristik parameter atmosfer yang terukur diharapkan tidak berbeda dengan yang ada di luar pod. Secara teori Tekanan Total dari *Inlet* sampai *outlet* akan tetap, walaupun kenyataannya berdasarkan pengalaman ketika melewati *diffuser* (bagian yang dilingkari) diperkirakan akan ada *loss* tekanan total sekitar 3%.



Gambar 2. Desain pod dan chamber sensor

Sementara untuk mendapatkan kecepatan yang rendah pada sensor dapat diatur dengan merubah perbandingan luas *Inlet* dengan luas area tempat sensor diletakkan (berdasarkan hukum kontinuitas)  $[A_1 V_1 = A_2 V_2]$ . Proses kerja dimulai ketika sensor akan membaca tekanan total pada *chamber*, ketika kita mengetahui kecepatan pesawat, maka kita akan mendapatkan tekanan dinamik. Sehingga tekanan statik atmosfer sama dengan tekanan total dikurangi tekanan dinamik. Begitu juga dengan temperatur statik.

Untuk menganalisis bagaimana aliran fluida di dalam *chamber* tersebut digunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan bantuan *software* ANSYS. Alur proses metode CFD diperlihatkan oleh Gambar 3.

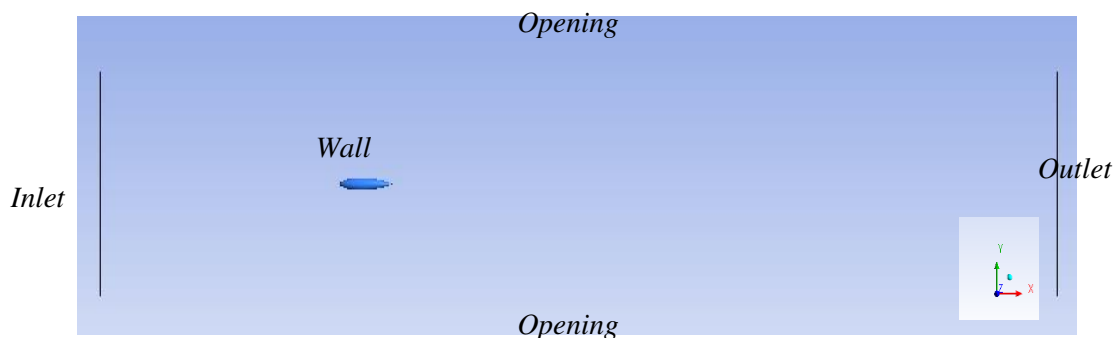


Gambar 3. Flowchart CFD

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Kondisi Batas

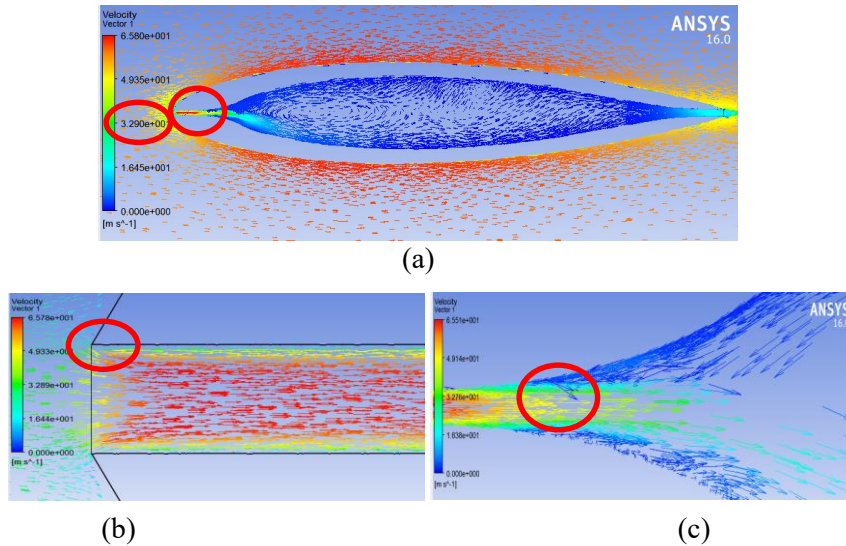
Kondisi batas yang diterapkan dalam simulasi ditunjukkan pada Gambar 4, yaitu *Inlet*: Kecepatan  $Inlet = 6 \text{ m/s}$ , *Static temperature* = 300 K. *Opening*: Kecepatan-X = 6 m/s, *Static temperature* = 300 K.



Gambar 4. Kondisi batas

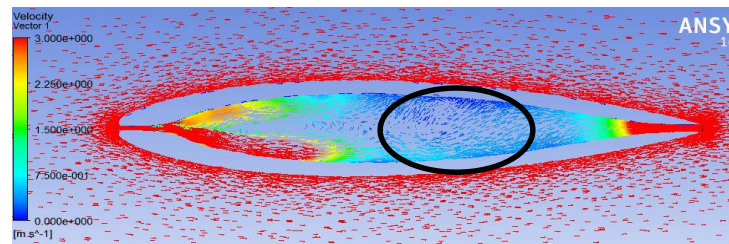
#### Hasil

Dari hasil simulasi *velocity* pada Gambar 5(a) terlihat bahwa masih terdapat separasi di bagian dalam *chamber*. Hal ini disebabkan desain sudut bukaan *diffuser* yang terlalu besar sehingga terjadi *jet flow* (aliran lepas dari permukaan pipa dengan kecepatan tinggi).

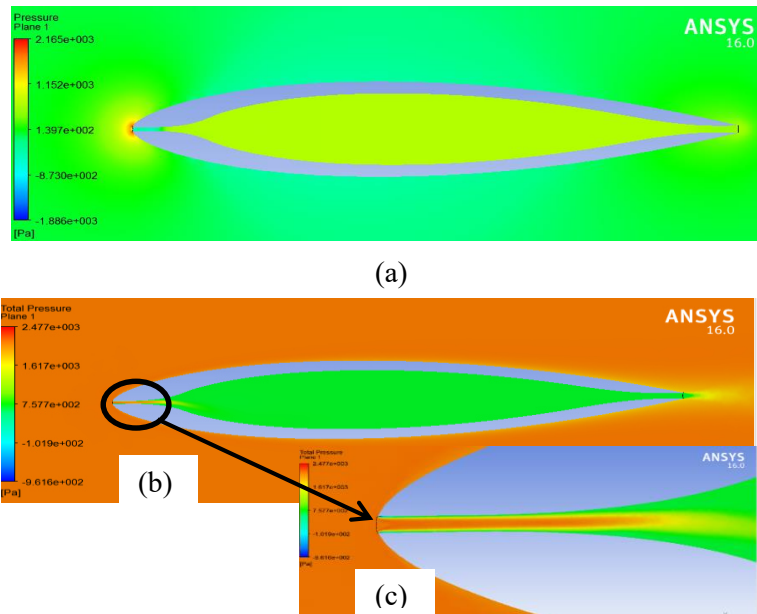


Gambar 5. Pengujian *velocity vector*

Pada Gambar 5(b) aliran di bagian *Inlet* mengalami separasi, sehingga berpengaruh pada berkurangnya jumlah udara efektif yang masuk. Setelah udara masuk ke dalam *chamber* kemudian melewati pipa *Inlet*, aliran terlepas dari permukaan ujung saluran pipa akibat kehabisan energi oleh gesekan antar udara maupun gesekan pada permukaan pipa ditunjukkan pada Gambar 5(c). Akibat gesekan tersebut juga berpengaruh pada kecepatan aliran udara di dalam *chamber*. Hal tersebut terlihat saat *range legend* vektor kecepatan diatur dari 0-3 m/s, dapat terlihat kecepatan mulai rendah (<1.5) di daerah tengah desain *chamber* yang diperlihatkan pada lingkaran hitam di bawah pada Gambar 6.



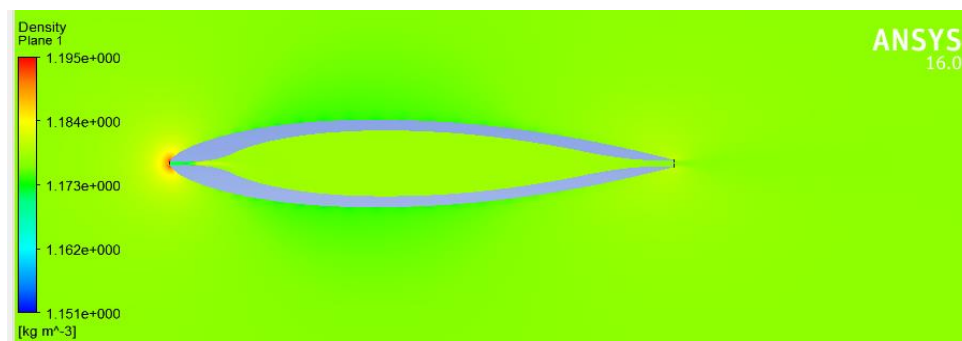
Gambar 6. Aliran fluida di bagian tengah *chamber*



Gambar 7. Analisis tekanan

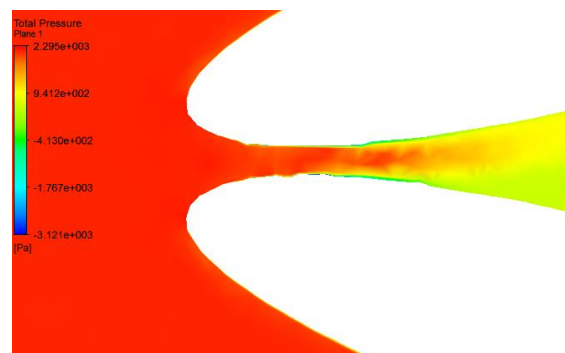
Pada analisis tekanan Gambar 7(a), kontur tekanan di dalam terlihat lebih tinggi dibandingkan tekanan luar *chamber*. Hal ini disebabkan karena bentuk *outlet* yang mengecil, cenderung menahan aliran keluar *chamber*. Pada Gambar 7(b)(c) di bawah terlihat bentuk *inlet* yang tidak aerodinamis sehingga tercipta ruang kosong di mulut *inlet*, akibatnya aliran yang masuk tidak memenuhi saluran *inlet*. Setelah masuk ke *chamber*, tekanan total rata-ratanya menjadi lebih kecil akibat tercampur dengan tekanan bagian “kosong” tersebut.

Untuk analisis *density* pada Gambar 8 berpengaruh pada perubahan tekanan yang terjadi sangat kecil, sehingga massa jenis udara pun dapat dianggap konstan di dalam *chamber*. Perbedaannya dengan massa jenis udara bebas yaitu sekitar 1-2%.



Gambar 8. Analisis *density*

Untuk menangani masalah separasi aliran dan tekanan di saluran *inlet*, maka didesain kembali mulut *inlet* dengan membuat *inlet* lebih aerodinamis. Dari hasil *running* desain tersebut terlihat separasi pada bagian *inlet* telah diminimalisir. Tetapi masih terdapat separasi pada bagian *difusser*.



Gambar 9. *Inlet* dengan bentuk yang lebih aerodinamis

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari analisis desain awal *chamber* yaitu:

1. Desain *chamber* masih memerlukan perbaikan terutama pada bagian *difusser*, perlu dilakukan analisis lebih lanjut agar tidak terjadi pelepasan aliran pada daerah tersebut. Perlu dilakukan optimasi seberapa besar sudut bukaan *difusser*.
2. Untuk mengatasi masalah pelepasan aliran pada *inlet* pod, bisa dilakukan dengan membuat bentuk *inlet* lebih aerodinamis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer atas dukungan dan kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pelatihan ANSYS. Bapak Dr. Firman Hartono ST, MT atas diskusi dan rekomendasi konsep. Zaim Sidqi Islami, S.T yang telah memberikan pelatihan ANSYS dan diskusi. Bapak Arifin Rasyadi atas kesabaran memberikan ilmu dan pelatihan ANSYS.

## PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Latief, Chunaeni., Asif, A., dan Gun Gun, G. "Instrumen Pemantau CO<sub>2</sub> di Bandung." Prosiding Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika (SIBF), ISBN: 978-979-96520-4-1, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika FMIPA ITB, 2008.
- [2] Allison, Robert S.; Johnston, Joshua M.; Craig, Gregory; Jennings, Sion. "Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and *Monitoring*." *Sensors* 16, no. 8: 1310, 2016.
- [3] Utama, Agus B. "Pengaruh Penambahan Beban *Payload* Terhadap Kestabilan Pesawat Lapan Surveillance Aircraft (LSA)". Prosiding Siptekgan XX, 2016.
- [4] Type Specification S15-R23-2, Stemme GmbH, Jerman, 2013.
- [5] Harrap, Michael. "An Airborne Laboratory for Undergraduate and Postgraduate Education." Proceeding of the 2007 AaeE Conference, Melbourne, 2007.
- [6] Fasano, Giancarmine; Accardo, Domenico; Moccia, Antonio; Rispoli, Attilio. "An Innovative Procedure for Calibration of Strapdown Electro-Optical Sensors Onboard Unmanned Air Vehicles." *Sensors* 10, no. 1: 639-654, 2010.
- [7] Yeong, S. P., and S. S. Dol. "Aerodynamic Optimization of Micro Aerial Vehicle". *Journal of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 9, No. 5, pp. 2111-2121, 2016.
- [8] Wendt, John.F., and John. D.Anderson. "Computational Fluid Dynamics". 3<sup>rd</sup> Edition, ISBN: 978-3-540-85055-7, Springer, 2009.
- [9] ANSYS, Inc. Introduction to ANSYS FLUENT 12.0. "Lecture 5 Solver Setting" ANSYS, Release 13; ANSYS, Inc.:Canonsburg, PA, USA, 2010; pp. 8–30.
- [10] Sarjito. "Studi Karakteristik *Airfoil* Naca 2410 dan Naca 0012 pada Berbagai Variasi Angle of Attack". *MEDIA MESIN*, Vol. 11, No. 1, Januari 2010, 15 - 22 15 ISSN 1411-4348, 2010.
- [11] Munazid, A., dan Bagiyo, S. *Pengembangan Foil Naca Seri 2412 sebagai Sistem Penyelaman Model Kapal Selam*, KAPAL Jurnal Ilmu pengetahuan dan Teknologi Kelautan, Vol. 12, No 2, Juni, 2015.
- [12] Teddy N., Sudarja. "Pengaruh Lokasi Ketebalan Maksimum *Airfoil* Simetris Terhadap Koefisien Angkat Aerodinamisnya." *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol. 11, No. 1 (110-124), 2008.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Sartika  
Tempat & Tgl. Lahir : Ujung Pandang, 14 Mei 1991  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Instansi Pekerjaan : PSTA-LAPAN  
NIP. / NIM. : 199105142014022004  
Pangkat / Gol.Ruang : III/a



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMK Telkom Sandhy Putra 2 Makassar Tahun: 2006-2009  
STRATA 1 (S.1) : Universitas Hasanuddin Tahun: 2009-2013

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jalan Dr. Djunjunan No.133 Bandung  
Email : sartika@lapan.go.id / sartikasaid@yahoo.com