



## PENGARUH DUDUKAN LOADCELL TERHADAP GAYA ANGKAT DAN GAYA HAMBAT AIRFOIL NACA 0018 DENGAN KECEPATAN ANGIN 7.2 M/S DAN VARIASI SUDUT SERANG

Edi Tri Astuti<sup>1</sup>, M. Sjahmanto<sup>2</sup>, Deden Rosid Waltam<sup>3</sup>, Sahran<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : [dosen01544@unpam.ac.id](mailto:dosen01544@unpam.ac.id)<sup>1</sup>, [dosen01538@unpam.ac.id](mailto:dosen01538@unpam.ac.id)<sup>2</sup>, [dosen01942@unpam.ac.id](mailto:dosen01942@unpam.ac.id)<sup>3</sup>

Masuk : 7 Maret 2023

Direvisi : 26 Maret 2023

Disetujui : 5 April 2023

**Abstract:** Aerodynamic characteristics of the NACA 0018 airfoil test model have been tested such as the force and moment resulting from the interaction between the airflow and the surface of the test model using a wind tunnel. Open suction type that has test section dimensions of 1.25 m x 0.5 m x 0.5 m. Aerodynamic characteristics are generally expressed by lift, drag and moment. Lift is a force whose direction is perpendicular to the flight speed, while drag is a force whose direction is parallel to the flight speed vector. To measure the force and moment in a wind tunnel, a load cell is installed using a strain gauge to read static loads. The force or moment imposed on the loadcell will cause deformation in the loadcell structure, and the value will be read in the strain gauge circuit and then converted into an electrical signal. In order for the loadcell to measure aerodynamic forces in wind tunnels, components are needed as loadcell mounts that function to hold the loadcell, and test objects while attaching force measuring instruments to wind tunnel structures. This mount structure must be able to withstand the aerodynamic forces that occur on the specimen and be able to pass on these forces so that they can be read properly by the loadcell. Fluid flow is generated using a propeller with a flow velocity range of 5 - 30 m/s. The test results at a wind speed of 7.2 m / s, obtained the maximum value of the lift coefficient ( $C_L$ ) was 1.377 at an angle of attack of  $15^\circ$  and the value of the maximum coefficient of drag ( $C_D$ ) was 0.18 at an angle of attack of  $14^\circ$ .

**Keywords:** Aerodynamics, NACA 0018 airfoil, lift force, drag force, propeller.

**Abstrak:** Telah dilakukan pengujian karakteristik aerodinamika model uji airfoil NACA 0018 seperti gaya dan momen yang dihasilkan dari interaksi antara aliran udara dengan permukaan model uji menggunakan terowongan angin. jenis hisap terbuka yang mempunyai dimensi seksi uji sebesar 1,25 m x 0,5 m x 0,5 m. Karakteristik aerodinamika secara umum dinyatakan dengan gaya angkat (*lift*), gaya hambat (*drag*) dan gaya momen. Gaya angkat adalah gaya yang arahnya tegak lurus terhadap vektor kecepatan terbang, sedangkan gaya hambat adalah gaya yang arahnya sejajar vektor kecepatan terbang. Untuk mengukur gaya dan momen pada terowongan angin dipasang load cell menggunakan strain gauge guna membaca beban statik. Gaya atau momen yang dibebankan pada loadcell akan mengakibatkan deformasi pada struktur loadcell, dan nilainya akan terbaca pada rangkaian sensor regangan (*strain gauge*) kemudian diubah menjadi sinyal elektrik. Agar loadcell dapat mengukur gaya-gaya aerodinamika pada terowongan angin diperlukan komponen sebagaiudukan loadcell yang berfungsi untuk memegang loadcell, dan benda uji sekaligus menempelkan alat ukur gaya pada struktur terowongan angin. Strukturudukan ini harus dapat menahan gaya-gaya aerodinamika yang terjadi pada benda uji dan mampu meneruskan gaya-gaya tersebut agar dapat dibaca dengan baik oleh loadcell. Aliran fluida dibangkitkan menggunakan *propeller* dengan rentang kecepatan aliran sebesar 5 - 30 m/s. Hasil pengujian pada kecepatan angin 7,2 m/s, diperoleh nilai koefisien angkat ( $C_L$ ) maksimum adalah 1,377 pada sudut serang  $15^\circ$  dan nilai koefisien hambat ( $C_D$ ) maksimum adalah 0,18 pada sudut serang  $14^\circ$ .

**Kata kunci:** Aerodinamika, airfoil NACA 0018, gaya angkat, gaya hambat, propeller.

### PENDAHULUAN

Terowongan angin biasa digunakan untuk pengujian aerodinamika, aeroelastika, dan aeroakustika pada bidang aeronautika dan non aeronautika seperti jembatan dan gedung. Pada pengujian aerodinamika, terowongan angin digunakan untuk mengobservasi karakteristik aerodinamika model uji seperti gaya dan momen yang

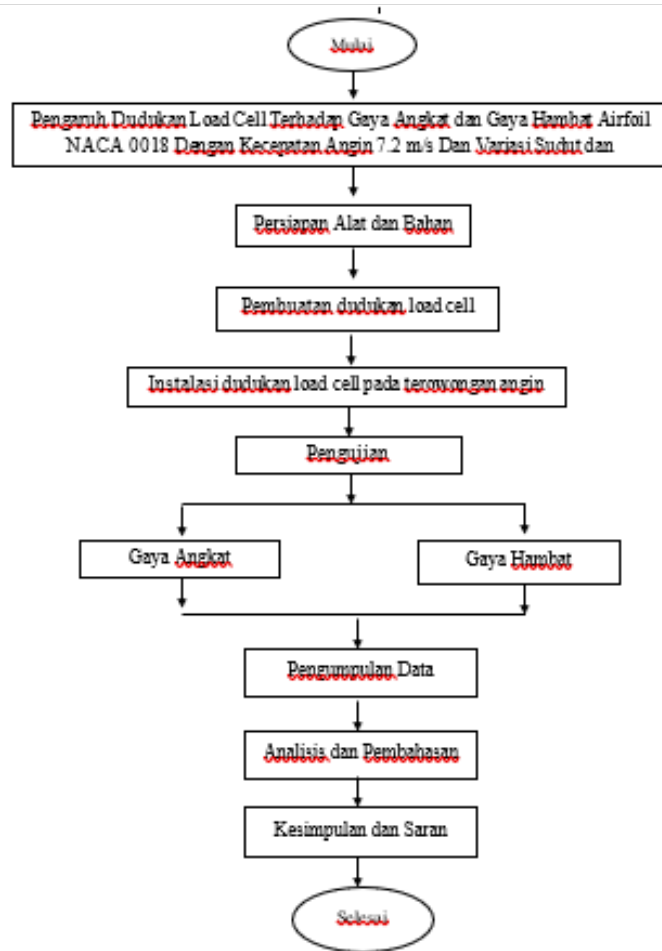
dihasilkan dari interaksi aliran udara dengan permukaan model uji. Terowongan angin yang digunakan dalam penelitian aerodinamik berbentuk tabung dimana udara dipaksa melaju dengan kecepatan yang diatur sedemikian rupa guna melihat efek aliran udara yang bergerak melewati sekitar obyek padat. Terowongan angin terdiri dari bagian bodi yang terbuka dengan benda uji diletakkan di bagian tengah seksi uji (*test section*) dan sebuah sistem fan yang kuat untuk menghasilkan udara yang melewati obyek untuk kelancaran aliran udara. Benda uji diatur untuk mengukur kekuatan yang dihasilkan oleh aliran udara. Dalam pengujian harus diertimbangkan bilangan Reynolds, yaitu rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu, dan bilangan Mach, yaitu perbandingan kecepatan dari suatu arus atau obyek sehubungan dengan kelajuan bunyi di dalam medium.

Untuk mengukur gaya dan momen pada terowongan angin dipasang *loadcell* yang pada umum menggunakan *strain gauge* [1]. Gaya atau momen yang dibebankan pada *loadcell* akan mengakibatkan deformasi pada struktur *loadcell*, dan nilainya terbaca pada rangkaian sensor regangan (*strain gauge*) kemudian diubah menjadi sinyal elektrik [2]. Agar *loadcell* dapat mengukur gaya-gaya aerodinamika pada terowongan angin diperlukan sebuah komponen yang dapat menjadi dudukan *loadcell*. Dudukan ini berfungsi untuk memegang *loadcell* dan benda uji sekaligus menempelkan alat ukur gaya pada struktur terowongan angin dan harus menghasilkan pengukuran yang baik dalam arti memiliki rancangan struktur yang baik. Struktur dudukan ini harus dapat menahan gaya-gaya aerodinamika yang terjadi pada benda uji dan mampu meneruskan gaya-gaya tersebut agar dapat dibaca dengan baik oleh *loadcell*.

Airfoil atau Aerofoil adalah suatu bentuk geometri yang apabila ditempatkan di suatu aliran fluida akan memproduksi gaya angkat (*lift*) lebih besar dari gaya hambat (*drag*). Gaya angkat terjadi pada airfoil karena kecepatan aliran udara di permukaan atas airfoil lebih rendah dari pada kecepatan aliran udara di permukaan bawahnya. Salah satu parameter geometris yang menentukan besarnya gaya angkat yang dihasilkan suatu airfoil adalah lokasi ketebalan maksimumnya. Semakin jauh lokasi ketebalan maksimum dengan ujung awal maka akan mengakibatkan semakin akhir pula terjadinya peningkatan kecepatan aliran udara yang melewati permukaan airfoil sehingga akan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kecepatan rata-rata di sepanjang permukaan tersebut menjadi rendah, jika hal tersebut terjadi pada permukaan atas airfoil maka akan menyebabkan semakin besarnya gaya angkat yang terjadi. Namun selain faktor tersebut masih ada faktor lain yang menentukan besarnya kecepatan rata-rata aliran udara baik di permukaan atas maupun di permukaan bawah airfoil, yaitu: besarnya sudut serang dan besarnya kecepatan aliran udara. Untuk mengetahui kombinasi pengaruh kedua faktor di atas terhadap koefisien angkat dan koefisien hambat airfoil maka perlu untuk dilakukan kajian sehingga pemanfaatan airfoil pada berbagai bidang aplikasinya dapat dilakukan dengan lebih optimal.

## METODOLOGI

Langkah-langkah penelitian dengan judul Pengaruh Dudukan Load Cell Terhadap Gaya Angkat dan Gaya Hambat Airfoil NACA 0018 Dengan Kecepatan Angin 7.2 m/s dan Variasi Sudut Serang dijelaskan secara ringkas melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

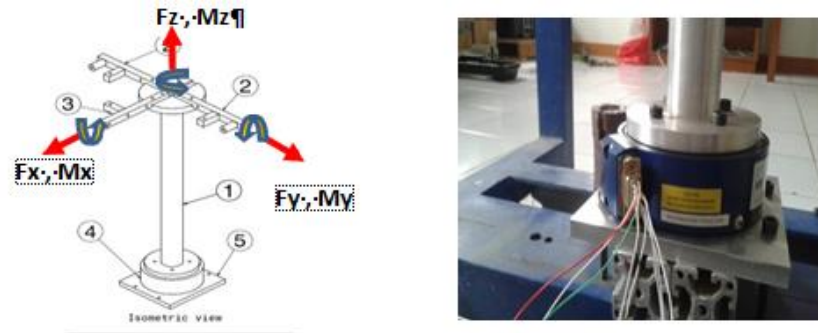
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Benda uji yang digunakan pada pengujian gaya angkat dan gaya hambat pada terowongan angin adalah airfoil NACA 0018. Pada airfoil ini dipasang poros pada sumbunya agar lebih mudah memasukkannya ke dalam adaptor. Untuk mengatur sudut serang airfoil dipasang sebuah baut pengunci di bagian atas adaptor. Gambar 2 memperlihatkan desain teknik dudukan load cell gaya dengan airfoil.



Gambar 2. Perancangan Dudukan Load Cell Gaya Dengan Airfoil Dan Pengaturan Sudut Airfoil

Check load perlu dilakukan sebelum pengujian untuk mengetahui keakuratan load cell sesuai dengan rentang operasi pengujian yang akan dilakukan, hal ini diperlihatkan pada Gambar 3. Caranya dengan memberi beban tertentu yang berupa kepingan silinder kemudian informasi beban akan terbaca pada sistem data akuisisi.



Gambar 3. (a) Instalasi *load cell* dan (b) Detail komponen *Load cell* yang terpasang

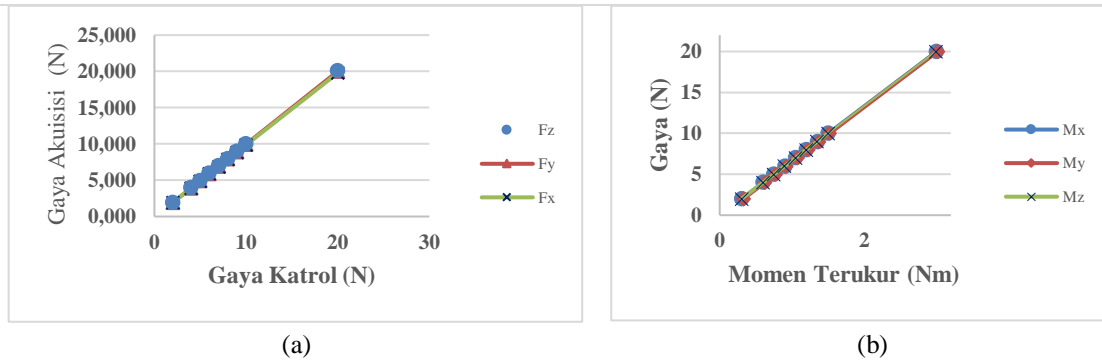
Ketika *load cell* dibebani (Gambar 4) maka akan menghasilkan gaya yang sama besar dengan berat bandul, dan momen karena titik netral *load cell* berbeda dengan titik pembebanan. Momen yang dihasilkan adalah perkalian antara gaya pembebanan dengan jarak antar titik netral *load cell*. Untuk meminimalisir kesalahan pengukuran beban maka sudut antara tali logam dengan sumbu *load cell* harus sekecil mungkin karena akan mengakibatkan beban yang terbaca menjadi cenderung lebih kecil dibandingkan dengan beban aslinya.



Gambar 4. Proses *Check Load* pada *Load cell*

Beban dipasang pada poros dan kemudian dibaca melalui sistem data akuisisi. Beban diatur bervariasi dari rendah ke tinggi dan sebaliknya agar mendapatkan data yang sesuai. Sebelum diberi beban, *load cell* harus dikalibrasi zero terlebih dahulu agar menghilangkan gaya awal yang terbaca pada sensor *load cell*. Ketika *load cell* dikenai gaya atau momen akan menghasilkan sinyal elektrik akibat dari perubahan resistansi pada *strain gage*. Sinyal elektrik yang dihasilkan akan diperkuat oleh penguat (*amplifier*) yang terpasang pada *load cell*. Sinyal elektrik diakuisisi dan diubah menjadi sinyal digital pada *NI Hardware*. Perangkat keras untuk akuisisi data yang digunakan adalah Compact DaQ 9172 dan modul NI 9234 dengan spesifikasi 51.2 kS/s per *channel maximum sampling rate*;  $\pm 5$  V input, 24-bit resolution; *IEPE signal conditioning* (0 atau 2 mA). Sinyal elektrik dalam bentuk voltase akan dibaca pada modul NI 9234 kemudian diubah menjadi sinyal digital [3]. Sinyal digital yang dihasilkan oleh Compact DAQ 9172 akan dikirim ke PC melalui USB, yang kemudian akan diproses untuk menghasilkan nilai gaya dan momen.

Nilai gaya katrol dan gaya akuisisi yang diperoleh dari pengukuran diperlihatkan pada Gambar 5 (a) dimana nilai gaya katrol dan gaya akuisisi kemiringannya mendekati 1. Kesalahan maksimal dari pengukuran adalah 1,3 %. Hal ini menunjukkan bahwa *load cell* masih mampu membaca gaya yang diberikan dengan baik. Pada Gambar 5 (b) diperlihatkan grafik antara gaya yang diberikan terhadap pembacaan momen pada *load cell*. Momen yang dibaca sesuai dengan hasil perhitungan yaitu perkalian antara gaya dengan lengan gaya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pembacaan momen pada *load cell* juga menunjukkan hasil yang baik dengan kesalahan maksimal 1,3 %. Dari pengukuran *check load* ini memberikan informasi bahwa *load cell* masih mampu membaca gaya dan momen dengan baik dengan nilai kesalahan maksimal 1,3%.



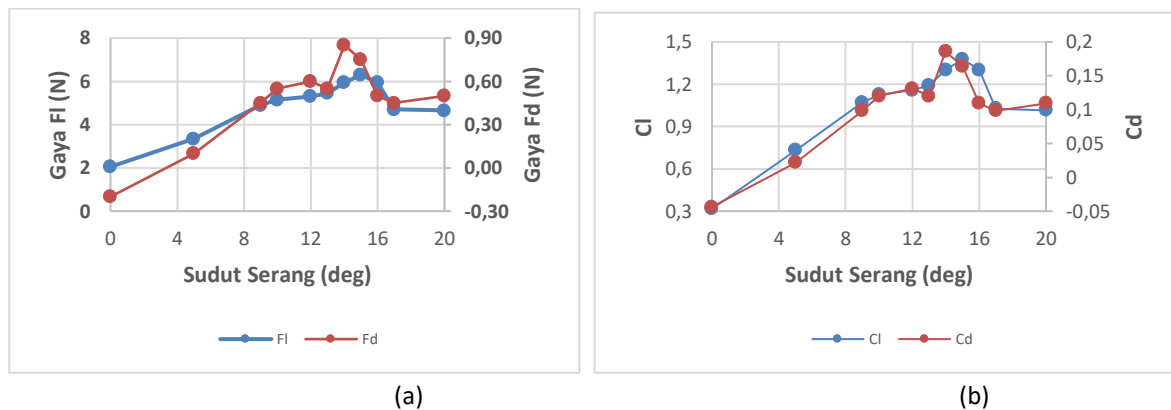
Gambar 5. Grafik hasil check load (a) gaya Fx, Fy, dan Fz dan (b) momen Mx, My, dan Mz

Proses pengujiannya dimulai dari terowongan angin dinyalakan kemudian dioperasikan dengan kecepatan angin 7,2 m/s. Data gaya yang muncul pada sistem data akuisisi direkam untuk kemudian dianalisis. (Gambar 6).



Gambar 6. (a) Terowongan angin dengan kecepatan angin 7,2 m/s dan (b) Sudut serang airfoil

Grafik gaya angkat dan gaya hambat hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 7 (a) dan grafik koefisien gaya angkat dan gaya hambat hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 7 (b).



Gambar 7. Grafik hasil check load (a) gaya Fx, Fy, dan Fz dan (b) momen Mx, My, dan Mz

Dari Gambar 7 (b) diperoleh nilai koefisien angkat (CL) maksimum sebesar 1,377 pada sudut serang 15° dan nilai koefisien hambat (CD) maksimum adalah 0,18 pada sudut serang 14°.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- [1] Pada pengujian gaya angkat dan gaya hambat airfoil NACA 0018 di terowongan angin dengan kecepatan angin 7,2 m/s diperoleh nilai koefisien angkat (CL) maksimum sebesar 1,377 pada sudut serang 15°.
- [2] Pada pengujian gaya hambat airfoil di terowongan angin dengan kecepatan angin 7,2 m/s diperoleh nilai koefisien hambat (CD) maksimum sebesar 0,18 pada sudut serang 14°.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Fajri, “Kalibrasi Eksternal Balance Terowongan Angin Subsonik Lapan,” 2020.
- [2] A. D. Saputra and W. Purabaya, “Desain Sistem Akuisisi Data untuk Load Cell Enam Komponen,” 2017.
- [3] A. Kamaludin, Tinjauan Singkat Tentang Teknologi Strain Gages Fisika, Fakultas Teknik Universitas Nurtanio INDEPT, Vol. 4, No. 1, Februari 2012 ISSN 2087 – 9245
- [4] J. D. Anderson, *Fundamentals of Aerodynamics: Fourth Edition*. New York: McGraw-Hill, 2007.
- [5] Rizal Satya Prawira, Setyo Hariyadi Suranto Putro, Bambang Junipitoyo, Analisa Aerodinamika NACA Airfoil 0018 dengan Penambahan Maxi Winglet, Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP), 2021, ISSN : 2548 –8112 e-ISSN: 2622-8890, Politeknik Penerbangan Surabaya
- [6] Fathoni Fuady, Ir. Agus Arif, M.T.; Ir. Kutut Suryoprato, M.T., M.Sc., Rancang Bangun Sistem Sensor Load Cell Berbasis Strain Gauge untuk Pengukuran Gaya Angkat dan Gaya Hambat pada Objek Uji dalam Terowongan Angin, Skripsi Sarjana.Teknik Fisika, Universitas Gadjahmada, 2020
- [7] Sandro Mihradi, Andi Isra Mahyuddin, Tatacipta Dirgantara dan Robby, Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Perangkat Kalibrasi Load Cell Enam Komponen, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII) Universitas Lampung, Bandar Lampung, 23-24 Oktober 2013