

Rancang Bangun Alat Ukur Gaya Pada *Wind Tunnel* Menggunakan Sensor *Load Cell*

Grace Dayanty Siahaan¹, Denny Dermawan², Catur Budi Waluyo²

¹ Mahasiswa Departemen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta

² Departemen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta

Korespondensi : gracedayanti@gmail.com

ABSTRAK

Di laboratorium Aerodinamika Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, alat ukur massa terowongan angin hanya menggunakan timbangan digital biasa. Maka untuk memudahkan pembacaan di terowongan angin, dibangun alat dengan menggunakan sensor load cell dan dengan pembacaan digital yang telah diubah dari massa menjadi gaya. Sistem pembacaan data ini dihubungkan dengan LCD sebagai tampilan dalam memantau perubahan kecepatan yang dihasilkan. Alat penelitian yang diajukan menggunakan sensor load cell untuk deteksi berat massa yang diperoleh dari aliran angin benda uji airfoil NACA 4412. Sebelum diumpungkan ke arduino terlebih dahulu dikuatkan dengan amplifier HX-711. Setelah diolah oleh arduino hasil pembacaan berupa lift dan drag akan ditampilkan pada display. Percobaan dilakukan untuk sudut serang yang berbeda yaitu 00, 50, 100, 150 dan 200. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengukuran yang dilakukan pada sudut serang yang berbeda memiliki nilai yang berbeda meskipun dengan kecepatan angin yang sama. Hal ini terjadi karena adanya beberapa faktor, dan faktor error yang dimiliki terowongan angin di Laboratorium Aerodinamika Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto rata-rata mencapai 3,6%.

Kata kunci: Terowongan angin, load cell, HX-711, lift, drag

ABSTRACT

In the Aerodynamics laboratory of the Adisutjipto High School of Technology, the wind tunnel mass measuring instrument only uses an ordinary digital scale. So to facilitate reading in the wind tunnel, a tool was built using a load cell sensor and with a digital reading that has been converted from mass to force. This data reading system is connected to the LCD as a display in monitoring the resulting speed changes. The proposed research tool uses a load cell sensor to detect the mass weight obtained from the wind flow of the NACA 4412 airfoil specimen. Before being fed to Arduino, it is first amplified with an HX-711 amplifier. After being processed by Arduino, the reading results in the form of lift and drag will be displayed on the display. Experiments were carried out for different angles of attack, namely 00, 50, 100, 150 and 200. From these results it can be concluded that the measurements made at different angles of attack have different values even with the same wind speed. This occurs due to several factors, and the error factor of the wind tunnel in the Aerodynamics Laboratory of the Adisutjipto College of Technology reaches an average of 3.6%.

Keyword : wind tunnel, load cell, HX-711, lift, drag

1. PENDAHULUAN

Wind tunnel merupakan sebuah struktur tertutup dimana sebuah riset dapat dilakukan didalamnya dengan cara mensimulasikan sebuah kondisi aliran udara pada sebuah model. Kondisi aliran pada terowongan angin (wind tunnel) diatur sedemikian rupa karena agar mempengaruhi performance dari model tersebut. Model yang diuji diletakkan pada daerah uji (test section) dan dilengkapi dengan beberapa instrument (lift and drag balance dan pitot static tube) untuk mendapatkan hasil data pengujian. Untuk mendapatkan data yang baik, harus dipastikan bahwa parameter aliran yang berkaitan dengan Mach number dan Reynolds number harus sesuai dengan keadaan sebenarnya. Sebuah benda uji diletakkan pada lift dan drag balance untuk mendapatkan gaya lift dan drag secara langsung.

Wind Tunnel atau terowongan angin digunakan dalam berbagai macam bidang seperti teknik, fisika, aerodinamika, pertanian dan kehutanan. Melalui bidang-bidang tersebut, terowongan angin memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Contohnya, desain komponen mobil dan pesawat diuji dengan terowongan angin diuji dengan terowongan angin untuk mengamati hambatan yang diterima objek tersebut karena aliran angin. selain itu, terowongan angin juga memiliki peran penting dalam bidang energy. Wind turbine sebagai salah satu sumber energy alternative harus melewati pengujian dengan terowongan angin terlebih dahulu. dengan simulasi menggunakan terowongan angin, daya output yang mampu dihasilkan oleh wind turbine dapat diketahui. Sedangkan dengan skala kecil, terowongan angin sederhana dapat digunakan sebagai alat uji turbin sederhana dan alat bantu dalam mempelajari dinamika fluida.

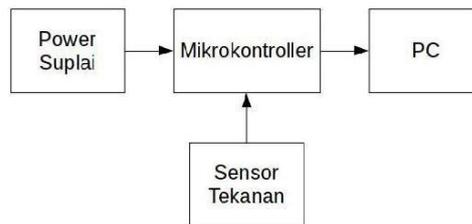
Maka latar belakang dirancangnya alat ini yakni untuk dapat memudahkan pengguna atau praktikan yang ada di kampus Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto dalam perhitungan. Sebab alat ukur yang lama masih menggunakan timbangan digital biasa.

2. METODE PENELITIAN

Dalam bab ini penulis akan membahas mengenai bahan, langkah-langkah, ataupun metode yang digunakan untuk membuat rangkaian alat sensor load cell yang akan digunakan sebagai pengukur massa dari sebuah aliran udara, guna untuk mengetahui besar lift dan drag.

2.1. Blok Diagram Penelitian

Setelah semuanya tersedia, termasuk perkakas yang akan dipakai, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan program menggunakan rumus guna membiarkan perakitan sistem maupun alat bekerja secara sinkron. Biasanya proses ini memakan waktu yang cukup lama dikarenakan harus teliti dalam melakukan coding agar tidak terjadi error. Aplikasi yang digunakan dalam membuat program ini adalah Arduino IDE. Blok diagram perancangan alat diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram perancangan alat

2.2. Kalibrasi

Pada tahap ini, kalibrasi berguna untuk menyesuaikan dan memastikan apakah pengukuran pada sensor Load Cell dan yang muncul pada display sesuai dengan nilai dari berat benda uji yang sebenarnya. Agar tidak terjadi kesalahan dalam data pengukuran. Kalibrasi pada perancangan kali ini menggunakan timbangan biasa dan berupa timbangan digital.

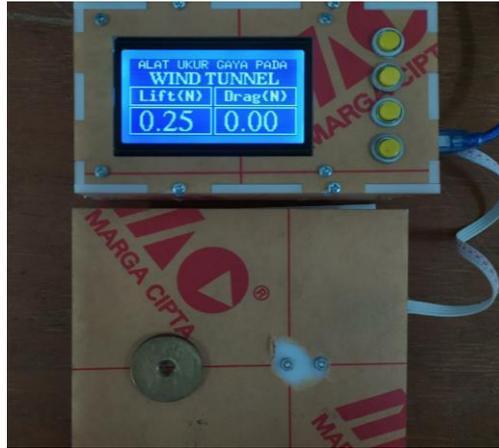
Percobaan dengan beban 25 Gram

Melakukan percobaan dengan meletakkan beban kuningan dengan berat 25 gram pada timbangan digital. Proses penimbangan ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Beban Kuningan Dengan Berat 25 Gram

Setelah melakukan percobaan pada timbangan digital dan mendapatkan nilai sesuai dengan berat benda uji, maka selanjutnya melakukan percobaan pada sensor *load cell* di sensor pembaca *lift*. Selanjutnya memindahkan beban uji pada sensor uji *load cell* untuk memvalidasi nilai guna membuktikan apakah sensor ini mengukur secara presisi atau tidak, percobaan diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Beban 25 gram pada sensor Lift

Pada gambar 3, nilai yang keluar pada sensor menghasilkan nilai **0,25 N**, jika nilai ini dimasukkan kedalam perhitungan menggunakan persamaan (1) maka akan didapatkan:

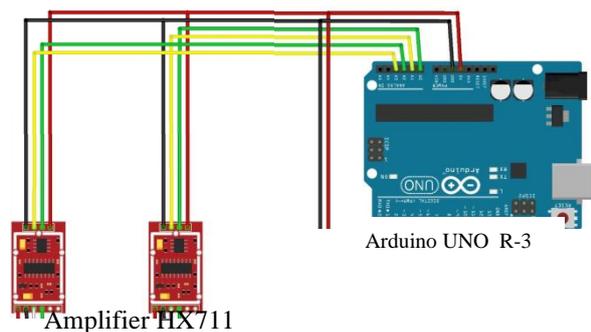
$$F = \frac{M}{1000} g \quad (1)$$

$$F = \left(\frac{25}{1000} \right) 9,8 = 0,25 N$$

2.3 Perancangan Sistem

A. Sensor load cell

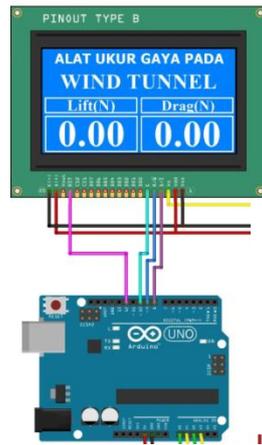
Pada bagian proses terdapat module HX711 yang berguna sebagai *amplifier* pada sensor yang juga tentunya berfungsi untuk mengukur gaya, gaya tekanan perpindahan, gaya tarikan, torsi, dan percepatan. Kemudian setelah mendapatkan data pada module, data akan dikirim ke sistem Arduino. Arduino disini berfungsi sebagai media dari otak program dapat bekerja sesuai dengan program yang sudah diatur. Dengan menggunakan media ini maka segala perancangan digital dimudahkan karena hanya dengan menggunakan program saja. Gambar wiring diagram sensor load cell yang dihubungkan ke arduino terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor load cell ke arduino

B. Display

Sebagai sistem *output* atau keluaran, *display* dibutuhkan agar pengguna dapat mengetahui hasil atau nilai dari proses yang sudah dilakukan. Display yang digunakan pada perancangan ini memiliki *MP* 128 x 64. Jika digambarkan, maka prosesnya akan menjadi seperti ini gambar yang akan ditajuk pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan ke arduino

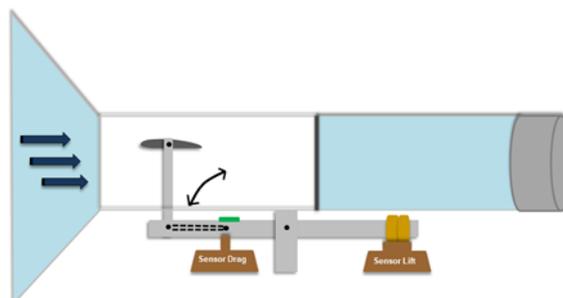
3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Level Indikator atau Level Pass

Level pass atau level indikator memiliki fungsi yaitu menempatkan permukaan alat ke bidang permukaan yang di periksa. Untuk memeriksa kedataran maka dapat diperhatikan gelembung cairan pada alat pengukur yang ada bagian tengah alat water pas. Sedangkan untuk menchek ketegakan maka dapat dilihat gelembung pada bagian ujung waterpas. Untuk memastikan apakah bidang benar rata maka gelembung harus benar benar berada ditengah alat yang ada. Level indikator diperlihatkan pada gambar 6.

Gambar 6. Lever indikator pada *wind tunnel*

Jika sudah melakukan persiapan seperti menyalakan sensor, start mesin pada wind tunnel dengan kecepatan dan frekuensi tertentu, maka percobaan dapat segera dilakukan. Persiapan ditunjukkan pada gambar nomor 7.



Gambar 7. Tampak percobaan sensor keseluruhan

Pengujian alat dibagi menjadi 4 percobaan dan dengan beban uji yang berbeda, yaitu dengan sudut serang atau AoA 0, 5, 10, 15 dan 20 derajat. Pada proses ini, spesimen uji diberikan aliran udara konstan sebesar 50 m/s.

3.2. Indicator Monitor Wind Tunnel

Indikator berfungsi sebagai monitor untuk melihat dan juga mengoperasikan *wind tunnel*. Pada indikator ini terdapat beberapa panel, yakni panel *power*, *airspeed panel*, frekuensi panel, dan juga *indicator lamp*. Gambar dari indikator diperlihatkan pada gambar 8.



Gambar 8. Indikator monitor pada wind tunnel

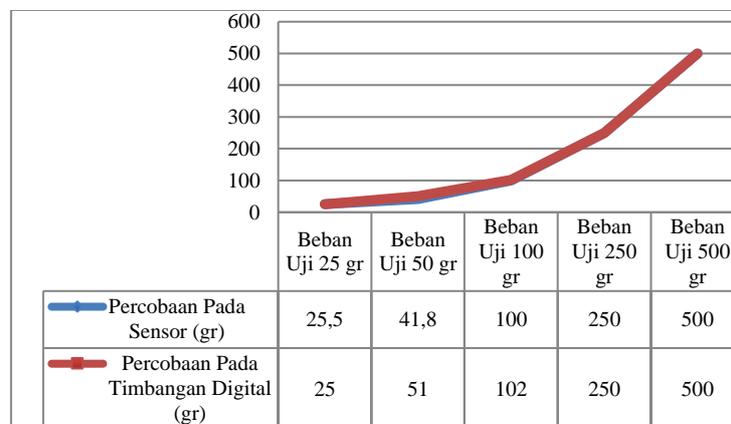
3.3. Analisa Hasil Percobaan Kalibrasi

Kalibrasi alat dilakukan dengan mengukur berat benda uji yang berupa kuningan dengan berat 25, 50, 100, 250 dan 500 gram menggunakan timbangan digital dan membandingkannya dengan alat penelitian. Hasil percobaan diberikan pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel data hasil kalibrasi

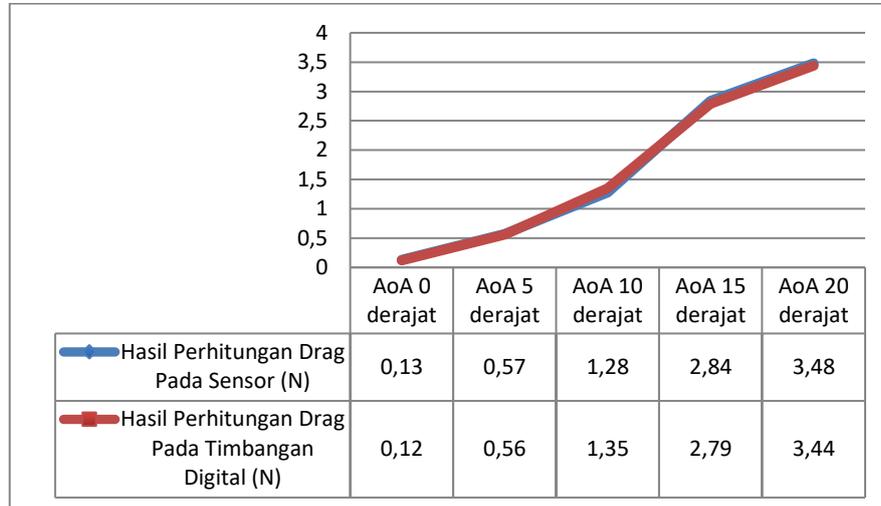
Berat Benda Uji (gram)	Timbangan Digital (gram)	Alat Penelitian (gram)	
		Display (N)	Hasil Konversi (gram)(N/9.8X1000)
25	25	0,25	25,5
50	51	0,41	41,8
100	102	0,99	100
250	250	2,45	250
500	500	4,90	500

Jika dijadikan grafik perbandingan, maka akan terlihat perbedaan antara timbangan digital dan data pada display setelah dikonversi pada display. Grafik Perbandingan akan di perlihatkan pada gambar 9.



Gambar 13. Grafik perbandingan *lift* sensor dan timbangan digital

Pada grafik percobaan diatas, dapat dilihat bahwa ada perbedaan nilai lift diberbagai sudut serang yang tidak berbeda jauh antara nilai yang muncul pada timbangan dan alat uji yang dipasangkan pada *wind tunnel*, namun diatas perbedaan yang sedikit, ada banyak sekali hal yang mempengaruhi terjadinya hal ini. Kemudian akan dijabarkan grafik perbandingan nilai *drag* pada hasil simulasi dan pada sensor yang di uji pada *wind tunnel*. Grafik diperlihatkan pada gambar 14.



Gambar 14. Grafik perbandingan hasil simulasi *drag* sensor dan timbangan digital

Setelah melihat data grafik dari percobaan sensor pada *wind tunnel*, maka tentu akan ada hasil yang berbeda dikarenakan terdapat perbedaan ketetapan atau input yang diberikan pada benda uji. Tentunya data yang dihasilkan memiliki selisih atau yang disebut faktor kesalahan, sehingga didapat data percobaan yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Faktor kesalahan alat penelitian

Sudut Serang (Derajat)	Alat Penelitian		Timbangan Digital Hasil Konversi (Massa/9,8x1000)		Faktor Kesalahan	
	Lift (N)	Drag (N)	Lift (N)	Drag (N)	Lift (%)	Drag (%)
0	0,91	0,13	0,86	0,12	5,81	8,33
5	1,86	0,57	1,82	0,56	2,19	1,78
10	2,70	1,28	2,58	1,35	4,65	5,18
15	3,73	2,84	3,90	2,79	4,35	1,79
20	4,45	3,48	4,40	3,44	1,13	1,16
Rata-Rata Faktor Kesalahan					3,62	3,64

Idealnya, hasil pada timbangan digital dan percobaan pada alat ukur sensor harus mengeluarkan nilai yang sama, dan pada grafik perbandingan *drag* berbeda dengan grafik perbandingan *lift* sudah memperlihatkan data yang hampir signifikan., namun masih memiliki kesalahan dengan rata-rata 3,6% dengan nilai faktor kesalahan maksimum 5%, oleh karena itu, angka 3,6% masih dapat dikatakan ideal. Hal ini juga disebabkan oleh kemungkinan perbedaan nilai ketetapan yang masuk pada terowongan angin memiliki *boundary conditions* yang berbeda seperti suhu udara, *density* dan juga terdapatnya celah pada *test section wind tunnel* yang mengakibatkan berkurangnya tekanan pada *airfoil* yang dapat mengurani nilai *lift* maupun *drag*. Hal ini juga yang dapat menyebabkan perbedaan *density* maupun *property* udara.

Hal ini yang mempengaruhi hasil dari sensor yang tidak memiliki nilai kesamaan dengan timbangan, namun nilai yang keluar dari sensir dipastikan baik, dikarenakan sudah melewati tahapan kalibrasi dengan berbagai jenis beban dan sudah dibuktikan dengan rumus *force newton* yang boleh mengkonversi satuan massa menjadi gaya *lift* dan *drag*.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian, pengujian dan analisa, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ukur gaya pada wind tunnel telah dibuat serta sebagaimana mestinya, dan mendapat nilai masukan dari aliran udara yang dihasilkan pada wind tunnel
2. Rumusan atau coding yang telah dimasukkan pada program, dapat melakukan konversi dengan akurat dan presisi setelah dibuktikan secara teoritis
3. Kondisi ideal maupun kondisi daripada wind tunnel sangat mempengaruhi aliran udara dan nilai gaya yang dapat diterima alat ukur
4. Alat ukur yang telah dirancang memiliki faktor kesalahan rata-rata sebesar 3,6% setelah dibandingkan dengan timbangan digital biasa. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi wind tunnel
5. Peralatan ukur gaya yang telah dirancang dinilai layak untuk dijadikan pengganti timbangan digital pada praktikum aerodinamika setelah dilakukan kalibrasi yang persisi dan pengujian dengan faktor kesalahan dibawah 5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Marsda TNI (Purn) Dr. Ir. Drs. T. Ken Darmastono ,M.Sc selaku Ketua STTA yang telah memberikan ijin penelitian dan telah mendukung penelitian ini.
2. KaDep dan SekDep jurusan Teknik Elektro STTA yang mendukung penelitian ini.
3. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dalam terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tsabit, H. (2017). Desain prototip drag and lift balance pada wind tunnel siklus tertutup (Doctoral dissertation, instituit teknologi sepuluh nopember).
- [2] Young, D. F., Munson, B. R., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W. (2010). A brief introduction to fluid mechanics. John Wiley & Sons.
- [3] Erlangga, G. P. (2017). Studi Eksperimental Karakteristik Aerodinamik Airfoil NACA 4412 Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [4] Gauthama, W. (2020). Perancangan Alat Baca Lift Dan Drag Tipe Pegas Ulir Dengan Kapasitas 0–2,245 Lbs. Pada Terowongan Angin Kecepatan 14,493 Fps–41,838 Fps. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 13(2), 91-100.
- [5] Haryanti, M., & Awaludin, M. (2019). Rancangan Sensor Kecepatan Angin Pada Wind Tunnel. *Tesla: Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 44-49.
- [6] Irfandi, K. (2020). Evaluasi Bilah Turbin Angin 500 Watt Dengan Melakukan Pengujian Pada Wind Tunnel Universitas Nurtanio Bandung. *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*, 3(3).
- [7] Stefphanie, C., Rustana, C. E., & Nasbey, H. (2014, October). Pengembangan Desain Terowongan Angin Sederhana. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 3, pp. 347-351).
- [8] Stolarski, T., Nakasone, Y., & Yoshimoto, S. (2018). *Engineering analysis with ANSYS Software*. Butterworth-Heinemann.
- [9] Saputra, S. F., & Agustian, S. (2018). Analisa Pengaruh Putaran Blade Dan Arah Sudut Serang Terhadap Koefisien Drag Dan Lift Pada Model Prototype Airfoil Naca 0012 Dengan Menggunakan Alat Uji Wind Tunnel Open Circuit Untuk Sarana Laboratorium Fluida (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- [10] Sulistyanto, M. P. (2016). Pengolahan Sinyal Load Cell 5kg Menggunakan Metode Moving Average. *Jurnal Penelitian*, 19(2).