

KALIBRASI SENSOR PADA SISTEM DATA AKUISISI ALAT UJI UNJUK KERJA TURBIN ANGIN

Yadi Afriyadi Miftahulmudin¹, M. Munadi¹, Muhammad Nanda Setiawan²

¹ Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² School of Applied Science Technology Engineering & Mathematics (STEM),
Universitas Prasetya Mulya

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: yadiafriyadi17@gmail.com

Abstrak

Turbin angin merupakan komponen utama dalam sebuah pembangkit tenaga angin. Dalam pengembangan turbin angin, tentu saja diperlukan sebuah pengujian untuk menganalisa performanya. Pengujian ini menghasilkan data berupa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh putaran turbin angin. Untuk mempermudah pengujian, diperlukan sebuah program data akuisisi yang dapat membaca dan merekam seluruh data secara bersamaan. Program data akuisisi ini akan menampilkan grafik hasil dari pembacaan sensor. Sensor-sensor yang digunakan antara lain sensor arus, penurun tegangan dan sensor *photointerrupter*. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan alat peraga sederhana *wind power generator* yang terdiri dari rangkaian motor dc 100W dan generator dc 150W, kemudian dihubungkan menggunakan *shaft coupling*. Generator ini akan diukur kecepatannya menggunakan sensor *photointerrupter* pada porosnya dan dikur juga tegangan serta arus yang dihasilkan. Sebelum dilakukan pengukuran, tentu saja harus dilakukan kalibrasi pada masing-masing sensor menggunakan alat ukur yang sesuai. Maka dari itu, penelitian ini akan membahas mengenai kalibrasi sensor yang akan digunakan dalam program data akuisisi. Untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor yang telah dikalibrasi maka dilakukan pengujian pada hasil tegangan 20V kemudian membandingkannya dengan hasil perhitungan pada rumus. Hasil dari pengujian ini yaitu mengetahui error pada variasi hasil tegangan 20V yaitu sebesar 1,85%.

Kata kunci: data akuisisi; kalibrasi sensor; sensor arus; sensor tegangan; sensor *photointerrupter*; turbin angin

Abstract

Wind turbines are the main component in a wind power plant. In the development of wind turbines, a test is needed to analyze their performance. This test produces data in an amount of voltage, current, and power generated by the rotation of the wind turbine. To facilitate testing, a data acquisition program is needed that can read and record all data simultaneously. This data acquisition program will display a graph of the results of the sensor readings. The sensors used are current sensors, voltage reducers and photointerrupter sensors. In this study, testing was carried out using a simple wind power generator props consisting of a 100W dc motor circuit and a 150W dc generator, then connected using shaft coupling. This generator will be measured using a photointerrupter sensor on its shaft and also the voltage and current produced. Before measurements are made, the calibration of each sensor must be calibrated using the relevant measuring instrument. So, this research will discuss the calibration of sensors that will be used in the data acquisition program. To find out the accuracy of the calibrated sensor readings, tests were carried out on the voltage results 20V and then compared them with the calculation results in the formula. The result of this test is to know the error in each voltage results is 1.85%.

Keywords: current sensor; data acquisition; photointerrupter sensor; sensor calibration; voltage sensor; wind turbine

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan kebutuhan energi yang semakin meningkat mendorong penelitian dan pengembangan sumber energi terbarukan, salah satunya adalah energi angin. Sebagai energi terbarukan, industri energi angin berkembang cukup pesat selama satu dekade terakhir. Indonesia memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi angin yang dapat digunakan untuk mengembangkan energi terbarukan. Wilayah Nusa Tenggara Timur memiliki kecepatan angin tertinggi, yaitu hingga 6 m/s, sedangkan wilayah lain di Indonesia antara 2 hingga 3 m/s. Dengan kondisi ini, Indonesia dinilai cocok untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin berskala kecil hingga menengah [1].

Kondisi tersebut berbanding terbalik dengan teknologi yang ada saat ini. Teknologi turbin angin di Indonesia masih tertinggal dengan negara lain. Hal tersebut disebabkan salah satunya karena masih minimnya alat uji turbin angin. Pengujian turbin angin sangat penting karena turbin angin merupakan komponen utama dalam sebuah pembangkit tenaga angin. Dalam membuat sebuah turbin tentu saja harus dilakukan pengujian untuk mengetahui performanya. Seperti mengetahui seberapa besar kecepatan putar turbin apabila diberikan angin dengan kecepatan tertentu dan daya yang dihasilkan pada kecepatan putaran tersebut.

Salah satu tantangan dalam pengujian turbin angin adalah akuisisi data yang akurat dan real-time [2]. Data akuisisi merupakan proses pembacaan data dari berbagai sensor yang terpasang pada turbin angin, seperti kecepatan angin, putaran

poros, dan daya yang dihasilkan [3]. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara membuat sebuah program data akuisisi, setelah itu data yang terbaca dapat ditampilkan dalam bentuk *array* dalam perangkat lunak excel. Setelah itu, hasil dapat dibuat grafik untuk mempermudah analisa. Sebelum membuat program data akuisisi, perlu dilakukan kalibrasi terhadap sensor-sensor yang akan digunakan.

Kalibrasi pada setiap komponen merupakan proses pengaturan ulang atau penyesuaian parameter atau karakteristik suatu komponen elektronika agar sesuai dengan standar atau spesifikasi yang telah ditentukan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa komponen tersebut dapat berfungsi dengan benar dan memberikan hasil yang akurat dan konsisten selama penggunaannya. Proses kalibrasi ini dilakukan untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, mengoptimalkan kinerja, dan meningkatkan kualitas pengukuran. Pada penelitian ini, kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan persamaan yang sesuai untuk dasar dalam pembuatan program data akuisisi pada alat uji turbin angin.

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Pada proses kalibrasi ini diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Alat dan bahan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Alat dan Bahan

Alat	Bahan
<ul style="list-style-type: none"> • DC Power Supply • Avometer • Tachometer • Laptop 	<ul style="list-style-type: none"> • NI MyRIO 1900 • Generator DC 150W • Motor DC 100W • Sensor ACS712 • Sensor <i>photointerrupter</i> • Resistor • Shaft Coupling

2.2 Kalibrasi

Pada proses ini, terdapat beberapa tahapan yaitu mencatat hasil pembacaan pada sensor dan alat ukur, kemudian membuat grafik persamaan yang akan menjadi acuan dalam membuat program data akuisisi.

a. Tegangan

Tegangan diukur menggunakan penurun tegangan. Prinsip penurun tegangan sendiri yaitu melewati aliran pada dua resistor yang digabungkan sehingga tegangan dapat turun sesuai dengan keinginan. Pada penelitian ini, tegangan akan diturunkan menjadi 5V karena menyesuaikan dengan tegangan maksimal yang dapat diterima oleh NI MyRIO. Resistor yang digunakan adalah resistor 10kΩ dan 100kΩ. Kalibrasi dilakukan dengan cara memberikan tegangan dengan besaran tertentu pada input penurun tegangan. Setelah itu, dilakukan pengukuran menggunakan *avometer* pada *output* pembagi tegangan seperti pada Gambar 2. Kemudian, dilakukan juga pembacaan hasil sensor pada program LabVIEW dengan *block diagram*. Pengukuran ini dilakukan beberapa kali dengan variasi tegangan yang berbeda. Hasil dari pembacaan dapat dibuat grafik untuk mengetahui persamaannya. Dari persamaan yang dihasilkan dapat menjadi acuan untuk membuat *block diagram* pada aplikasi LabVIEW, sehingga pengukuran pada sensor menjadi akurat.



Gambar 2 Pengukuran tegangan menggunakan Avometer

b. Arus

Sensor arus yang digunakan dalam perancangan ini adalah ACS712 yang memiliki output sinyal analog. Sehingga pada *block diagram* diawali dengan input analog yang menggunakan My RIO express VI. Arus diukur menggunakan sensor ACS712 yang memiliki batas maksimal 5A. Berdasarkan spesifikasi, titik 0 sensor ACS712 berada pada titik tengah dari input maksimal pada controller. Pada NI MyRIO input maksimal yaitu 5V, maka secara teori titik 0 berada pada 2,5V. Namun kenyataannya, sinyal yang diterima tidak stabil sehingga perlu dilakukan kalibrasi untuk menentukan titik 0 tersebut. Langkah kalibrasi yang dapat dilakukan yaitu dengan menjalankan program dan memberikan beban pada rangkaian yang telah terhubung dengan avometer. Setelah berjalan seperti pada Gambar 3, catat nilai pada avometer. Lakukan juga

pengukuran menggunakan sensor ACS712 pada perangkat lunak LabVIEW dengan block diagram. Pengukuran dilakukan dengan beberapa variasi arus. Hasil dari pengukuran tersebut dapat dihitung menggunakan regresi linear untuk mengetahui



perhitungan yang diperlukan agar nilai pada sensor sesuai dengan avometer.

Gambar 3 Pengukuran arus menggunakan Avometer

c. RPM

Berbeda dengan kalibrasi sensor sebelumnya, untuk dapat mengkalibrasi sensor rpm ini perlu membuat program untuk membaca rpm terlebih dahulu. Prinsip kerja dari sensor *potointerrupter* adalah akan mendapatkan sinyal apabila sensor tersebut tidak terhalang suatu benda. Sehingga perlu dibuat sebuah counter agar sensor dapat membaca putaran. Setelah itu, perancangan *block diagram* dilanjutkan dengan membuat pendeteksi lubang pada *counter*. Kemudian apabila sinyal *counter* sudah terdeteksi, maka dibuat sebuah perintah pada block diagram untuk mendeteksi setiap berapa sinyal akan dibaca putaran dan memberikan waktu perhitungan setiap menit. Dengan demikian maka *block diagram* akan menghasilkan data putaran counter dalam setiap menitnya.

Kalibrasi sensor RPM dapat dilakukan menggunakan tachometer yang ditempelkan secara langsung ke poros yang berputar seperti pada Gambar 4. RPM yang terbaca pada program dapat disamakan dengan hasil yang terbaca pada tachometer, kemudian dilakukan beberapa variasi kecepatan motor. Apabila belum sesuai maka perlu dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear. Namun apabila sudah sesuai, maka tidak perlu dilakukan perhitungan.



Gambar 4 Pengukuran RPM menggunakan Tachometer

2.3 Pengujian Kalibrasi

Pada penelitian ini pengujian kalibrasi dilakukan dengan cara menjalankan program dan alat uji yang telah dibuat. Untuk menghasilkan daya, maka diperlukan beban yang pada penelitian ini menggunakan resistor 200Ω dengan kapasitas 20W. Pengujian dilakukan dengan mengukur pada tegangan yang konstan, sehingga dapat diukur keakuratan hasilnya dan dapat dibandingkan dengan hasil sesuai perhitungan.

Prosedur pengujian berdasarkan tegangan yang dihasilkan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Siapkan alat uji dan program data akuisisi yang telah dibuat dan dirangkai secara keseluruhan.
2. Hubungkan resistor 200Ω pada keluaran generator dengan sensor arus dan tegangan.
3. Hubungkan motor dengan sumber listrik dc.
4. Jalankan motor dan atur keluaran pada sumber listrik dc hingga sensor arus menunjukkan angka 20V.
5. Amati hasil pembacaan sensor arus dan tegangan, dan catat hasilnya.
6. Bandingkan hasil pembacaan dengan hasil perhitungan.
7. Hitung *error* dari hasil perbandingan.
8. Hitung rata-rata *error* dari beberapa sampel hasil pengukuran.

3. Hasil dan Pembahasan

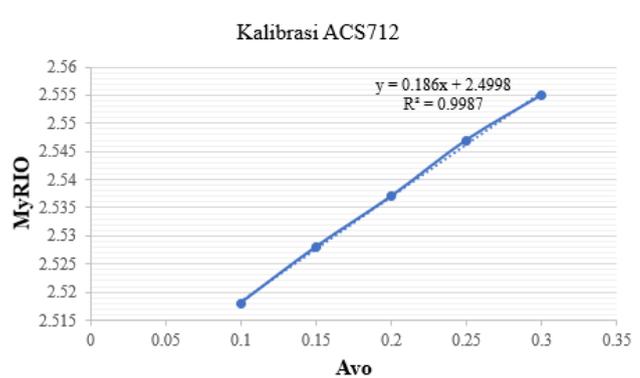
3.1 Hasil Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan pembacaan yang sesuai. Pada penelitian ini kalibrasi dilakukan pada sensor arus, tegangan, dan *photointerrupter*. Hasil dari kalibrasi ini akan digunakan sebagai dasar dari pembuatan program data akuisisi. Berikut adalah hasil dari kalibrasi sensor-sensor yang telah dilakukan:

a. Arus

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah ACS712 5A. Berdasarkan langkah kalibrasi yang ada pada poin sebelumnya, kalibrasi diawali dengan mencatat hasil dari pembacaan pada program dan avometer yang diberikan variasi pada beberapa kondisi. Pada pengujian arus, avometer dipasang secara seri pada keluaran *generator*. Program membaca arus yang diterima dalam volt karena output dari sensor ACS712 berupa tegangan yang kemudian dibaca oleh NI MyRIO pada *analog input*.

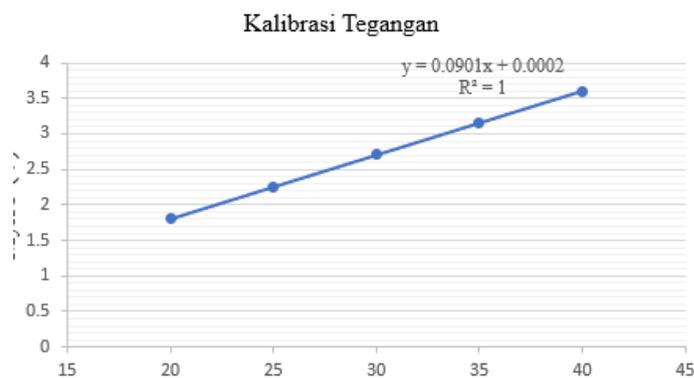
Setelah mendapatkan hasil pengukuran, langkah selanjutnya yaitu membuat persamaan regresi linear. Tujuan dari dibuatnya persamaan regresi linear ini yaitu untuk mengetahui rumus yang sesuai untuk melakukan perhitungan arus. Persamaan regresi linear dapat diketahui dengan membuat grafik pada aplikasi excel seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik regresi sensor arus

b. Arus

Pada pengujian ini sensor tegangan yang digunakan adalah penurun tegangan menggunakan rangkaian resistor. Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya, kalibrasi dilakukan dengan mengukur input dengan avometer dan hasil baca pada program secara berkala dengan variasi beberapa variasi tegangan. Setelah mendapatkan hasil pengukuran, langkah selanjutnya yaitu membuat persamaan regresi linear. Tujuan dari dibuatnya persamaan regresi linear ini yaitu untuk mengetahui rumus yang sesuai untuk melakukan perhitungan tegangan. Persamaan regresi linear dapat diketahui dengan membuat grafik pada aplikasi excel seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik regresi sensor tegangan

c. RPM

Pada pengujian ini sensor rpm yang digunakan adalah *photointerrupter*. Berdasarkan hasil kalibrasi pada bab sebelumnya, kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pada program dengan pengukuran pada *tachometer*. Hasil dari kalibrasi RPM dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil kalibrasi yang didapat, nilai pada tachometer dan NI MyRIO sudah sesuai. Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan menggunakan regresi linear.

Tabel 2 Hasil pengukuran RPM

Hasil Pengukuran	
Tacho	MyRIO
204	204
255	258
512	516
1003	1003
1309	1309

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menjalankan program dan menyesuaikan tegangan yang dihasilkan pada 20V dengan beban resistor 200Ω. Pengujian ini akan membandingkan hasil pengukuran dan perhitungan berdasarkan rumus tegangan. Setelah mengitung arus berdasarkan rumus, maka akan diketahui perbedaan besaran antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran. Dari perbedaan tersebut dapat dihitung nilai error dari hasil pembacaan sensor pada program data akuisisi.

3.3.1 Hasil pengujian dengan variasi tegangan 20V

Hasil perhitungan *error* pada variasi tegangan 20V yang telah dilakukan sesuai dengan prosedur pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Tabel peritungan error pada variasi tegangan 20V

NO.	V	A	I Real	% Error
1	20.3625	0.106315	0.101813	4.422345
2	20.4185	0.104484	0.102093	2.342484
3	20.3932	0.103111	0.101966	1.122923
4	20.5016	0.102653	0.102508	0.141452
5	20.4962	0.106544	0.102481	3.964637
6	20.5323	0.103797	0.102662	1.106062
7	20.5431	0.104713	0.102716	1.944692
8	20.5377	0.103797	0.102689	1.079478
9	20.5504	0.104255	0.102752	1.462745
10	20.6009	0.104026	0.103005	0.991704
Rata-Rata	20.49364	0.10437	0.102468	1.855502

4. Kesimpulan

Penelitian ini memiliki kesimpulan bahwa kalibrasi telah dilakukan pada seluruh sensor yang digunakan yaitu sensor ACS712, rangkaian penurun tegangan dan sensor *photointerrupter*. Telah dilakukan juga pengujian untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor. Pada pengujian dengan variasi hasil tegangan yang dihasilkan, didapatkan hasil rata-rata error pada masing-masing variasi tegangan 20V yaitu sebesar 1,85%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriyani, Y.E, & Munastha, K.A. (2022). Analisis Potensi Dan Pemetaan Teknologi Turbin Angin di Seluruh Indonesia. *Rekayasa Industri dan Mesin (ReTIMS)*.
- [2] Swiszc, Grzegorz & Cruden, A. & Booth, Campbell & Leithead, W.E.. (2008). A data acquisition platform for the development of a wind turbine condition monitoring system. 1358 - 1361. 10.1109/CMD.2008.4580521.
- [3] Kanani, Nidhi & Thakker, Manish. (2015). Low Cost Data Acquisition System Using LABVIEW. *IJRSI - ISSN 2321-2705*. 3. 67-70.
- [4] Azhar, F.A., & Bramantya, M.A. (2021). Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Pitch terhadap Karakteristik Performa pada Turbin Angin Counter-Rotating. *Journal of Mechanical Design and Testing*.
- [5] dos Santos, T.F., Chacon, I.V., de A. Souza, G.C., de C. A. Pessoa, G.A., Gama, F.O., de A. Teixeira, R., & Salazar, A.O. (2019). Wind Turbine Emulator with DC Motor. 2019 IEEE 15th Brazilian Power Electronics Conference

- and 5th IEEE Southern Power Electronics Conference (COBEP/SPEC), 1-6.
- [6] Fa Liu, Fubao Sun, Xunming Wang (2023), Impact of turbine technology on wind energy potential and CO2 emission reduction under different wind resource conditions in China, *Applied Energy*, Volume 348, 121540, ISSN 0306-2619.
 - [7] Floyd, T. L. (2017). *Electronics Fundamentals: Circuits, Devices & Applications*. Pearson.
 - [8] Gede, I.N., Perdana, I., Wibowo, H., Ridwan, A., Keselamatan, P., Jalan, T., Politeknik, J., & Surabaya, P. (2022). PENGUKURAN KECEPATAN KENDARAAN BERBASIS MIKROKONTROLER GUNA MENUNJANG KESELAMATAN DALAM BERKENDARAN. *Jurnal Penelitian*.
 - [9] Giyantara, A., Mudeng, V., Ramadhani, R.P., & Wulandari, R. (2019). Analisis Rangkaian Full Wave Rectifier dengan Filter Kapasitor, Pembagi Tegangan, Buffer dan Penguat Differensial pada Sensor Arus. *SPECTA Journal of Technology*.
 - [10] Jeong, S., Chitalia, Y., & Desai, J.P. (2020). Miniature Force Sensor Based on Dual-Photointerrupter With High Linearity and Disturbance Compensation. *IEEE Sensors Journal*, 20, 5855-5864.
 - [11] Mousarezaee, E., Polat, A., & Ergene, L.T. (2020). Wind Turbine Emulator Based on Small-Scale PMSG by Fuzzy FOC. *2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA)*, 1-4.