

# Pengendalian Kecepatan Angin pada Prototipe PLTB Skala Laboratorium berbasis IoT

Fikri Satria Dirgantara<sup>1</sup>, Ibnu Mukafa<sup>2</sup>, Wahyudi Budi Pramono<sup>3</sup>, Husein Mubarak<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang KM 14.5, Sleman, Yogyakarta, 55584, Indonesia

<sup>1</sup> 20524093@students.uii.ac.id

<sup>2</sup> 20524101@students.uii.ac.id

<sup>3</sup> wahyudi\_budi\_p@uii.ac.id

<sup>4</sup> mubarak.husein@uii.ac.id

Dikirim pada 21-11-2024, Direvisi pada 30-11-2024, Diterima pada 04-11-2024

## Abstrak

Komponen penting dari prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu skala laboratorium adalah *blower*. Peralatan *blower* memiliki fungsi untuk mengatur aliran angin pada turbin dengan cara mengendalikan tegangan inputnya. Dalam pengoperasiannya, selalu muncul *noise* (kebisingan suara) yang dapat mengganggu kesehatan dan kenyamanan praktikan selama praktikum. Hal tersebut terjadi karena pengoperasian prototipe PLTB masih dilakukan secara manual. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang peralatan yang mampu mengatur dan memonitor kecepatan *blower* secara *real-time* pada prototipe PLTB skala laboratorium. Metode penelitian ini dengan menerapkan pengaturan kecepatan *blower* dengan menggunakan prinsip *dimmer* berbasis IoT. Pengaturan kecepatan *blower* dilakukan dengan mengendalikan tegangan input yang masuk ke *blower*, dengan menggunakan motor servo sebagai penggerak dimmernya. Pengendalian dan monitoring terhadap tegangan input dan kecepatan angin dilakukan dengan berbasis IoT dan secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, pengukuran tegangan input *blower* dan kecepatan angin yang dihasilkannya memiliki nilai *root mean square error* (RMSE) berturut-turut sebesar 0,552 dan 0,709. Sedangkan pengukuran noise terjadi penurunan yang signifikan, yaitu dari 72,1 dB menjadi 47,1 dB.

**Kata Kunci:** *Blower*, *Dimmer*, IoT, PLTB

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](#).



---

### Penulis Koresponden:

Wahyudi Budi Pramono  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta  
Jl. Kaliurang KM 14.5, Sleman, Yogyakarta, 55584, Indonesia  
Email: wahyudi\_budi\_p@uii.ac.id

---

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di kalangan umat manusia memang merupakan suatu hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari, akan tetapi apabila hanya mengharapkan energi dari fosil maka tidak akan bisa mencukupi kebutuhan manusia pada masa yang akan datang. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi untuk memanfaatkan energi terbarukan pada pembangkit listrik [1,2]. Salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik adalah angin. Sebagian wilayah di Indonesia, terutama di daerah pantai, memiliki potensi angin yang memadai untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) [3].

PLTB skala laboratorium merupakan media pembelajaran dan penelitian untuk mengetahui prinsip kerja dan variabel lain yang berpengaruh terhadap kinerja PLTB. Prototipe PLTB skala laboratorium melibatkan pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar energi angin dan bagaimana energi ini dapat diubah menjadi listrik. Prototipe PLTB memanfaatkan energi kinetik dari angin yang berasal dari *blower*, yang

berfungsi untuk menghasilkan listrik [4]. Dalam prototipe PLTB, turbin angin menjadi komponen utama yang mengkonversi energi angin menjadi energi mekanis yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator listrik melalui prinsip elektromagnet [5]. Selain itu, sistem pengendalian prototipe PLTB memungkinkan pengaturan kecepatan blower agar sesuai dengan kecepatan angin yang diinginkan. *Blower* berperan dalam mengatur aliran angin ke turbin dan menjaga kinerja turbin tetap optimal. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan dari beroperasinya PLTB adalah *noise* (kebisingan suara) [6] yang sangat mengganggu praktikan. Hal tersebut disebabkan pengaturan kecepatan *blower* masih dilakukan secara manual di dekat *blower*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa besarnya *noise* di lokasi dekat dengan modul praktikum sebesar 72 dB. Berdasarkan *World Health Organization* (WHO), tingkat kerusakan pendengaran dapat dikategorikan sebagaimana Tabel 1 [7]. Tabel 1 tersebut memperlihatkan bahwa *noise* dengan rentang 41 sampai 60 dB sudah mengganggu kenyamanan manusia dalam berkomunikasi. Sedangkan nilai *noise* sebesar 72,1 dB sudah masuk dalam kategori gangguan yang parah untuk jangka waktu yang tertentu, sehingga untuk berkomunikasi harus dalam kondisi suara yang lebih keras. Berdasarkan peraturan Kementerian Lingkungan Hidup (Nomor KEP-48/MENLH/11/1996), baku tingkat kebisingan yang diijinkan untuk lingkungan fasilitas pendidikan tidak lebih dari 60 dB [8]. Menurut [9], *noise* frekuensi rendah (20-200 Hz) yang dibangkitkan dari operasi turbin angin berpotensi mengganggu kesehatan penduduk di sekitarnya, terutama dampak terhadap perubahan detak jantung dan gangguan tidur [10].

TABEL I. TINGKAT KERUSAKAN PENDENGARAN

Grade of hearing impariment	Audiometric	Performance
0 No impairment	$\leq 25$ dB	No, or very slight, hearing problems. Able to hear whispers
1 Slight impairment	26 – 40 dB	Able to hear and repeat words spoken in normal voice at 1 m
2 Moderate impairment	41 – 60 dB	Able to hear and repeat words using raised voice at 1 m
3 Severe impairment	61 – 80 dB	Able to hear some words when shouted into better ear
4 Profound impairment, include deafness	$\geq 81$ dB	Unable to hear and understand even a shouted voice

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, *noise* yang dibangkitkan dari *blower* secara alamiah akan tetap muncul dan besarnya tergantung dari kecepatan angin yang dihasilkannya. Paparan *noise* yang melebihi ambang terhadap praktikan yang sedang melaksanakan pembelajaran pada modul tersebut perlu dikurangi. Oleh karena itu diperlukan perangkat yang dapat mengendalikan dan memonitor kecepatan *blower* pada PLTB secara jarak jauh. Hal ini bertujuan untuk mengurangi dampak *noise* dari PLTB terhadap praktikan, tetapi tetap diperoleh data percobaan yang memiliki akurasi yang baik.

## II. METODE PENELITIAN

### A. PLTB Skala laboratorium

Gambar 1.(a) merupakan prototipe PLTB skala laboratorium yang dilengkapi dengan sistem pengaturan *blower* secara manual.



(a)



(b)

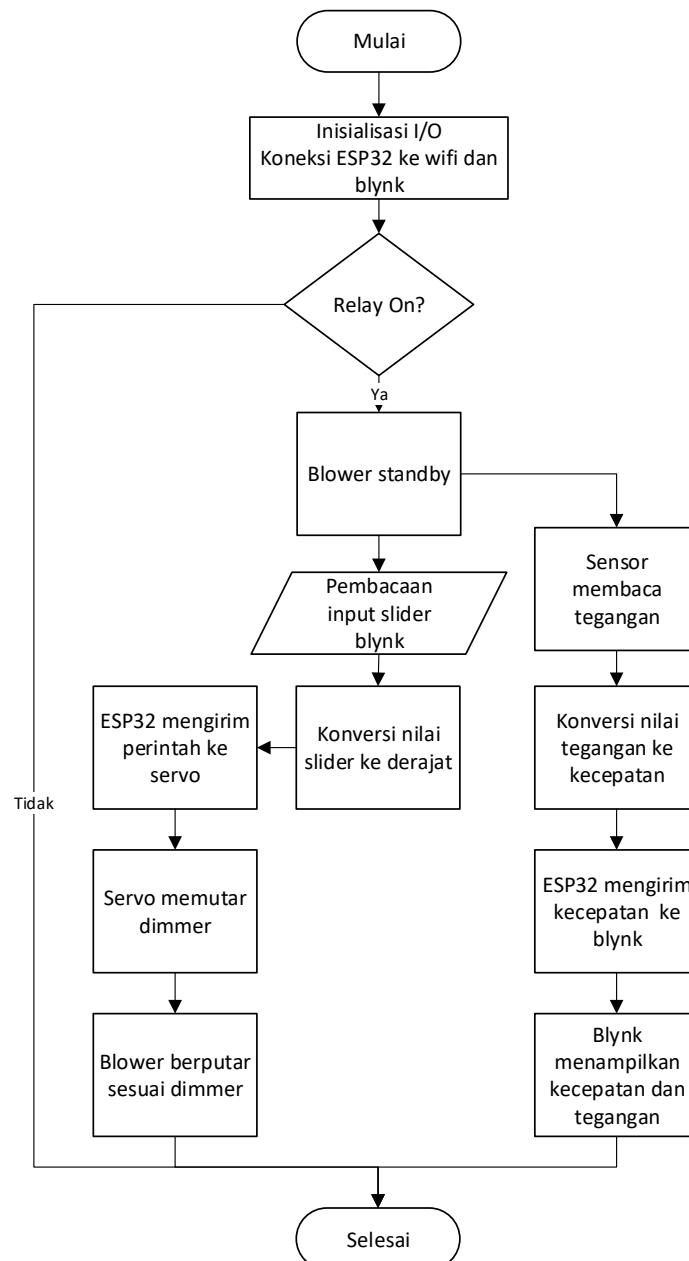
Gambar 1 (a). Prototipe PLTB skala laboratorium (b). Peralatan *dimmer*

Gambar 1(b) merupakan *dimmer* yang digunakan untuk mengendalikan *blower* pada PLTB. *Dimmer* adalah suatu perangkat atau sistem yang digunakan untuk mengatur tegangan [11] yang mensuplai *blower* sehingga akan berdampak pada kecepatan angin yang mengenai turbin. Prinsip kerja utama dari *dimmer*

adalah mengatur besarnya tegangan yang akan digunakan oleh *blower*. Prinsip inilah yang akan digunakan untuk mengatur kecepatan *blower*. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan pengendalian kecepatan *blower* dengan mekanisme pengaturan tegangan inputnya melalui *dimmer*. Pengaturan *dimmer* dilakukan secara mekanis, dengan memutarnya berdasarkan gerakan motor servo.

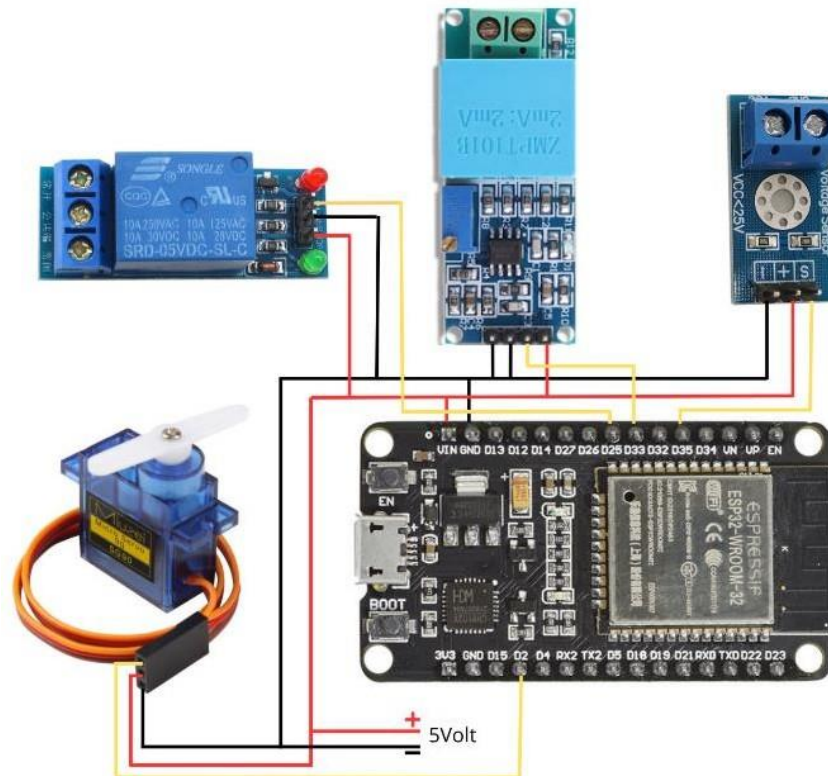
### B. Internet of Things (IoT)

*Internet of Things* (IoT) adalah konsep di mana perangkat elektronik dapat saling terhubung dan berkomunikasi melalui internet [12]. Dalam konteks prototipe PLTB, penggunaan IoT memungkinkan pengendalian dan pemantauan dengan jarak jauh terhadap sistem prototipe PLTB secara *real-time*. Pengendalian dilakukan terhadap *dimmer* yang berfungsi mengatur tegangan yang masuk ke *blower*. Berubahnya nilai tegangan ini akan berdampak pada berubahnya kecepatan angin yang dihembuskan oleh *blower*. Sedangkan fungsi pemantauannya terletak pada hasil kecepatan angin, nilai tegangan dan arus luaran dari generator PLTB.



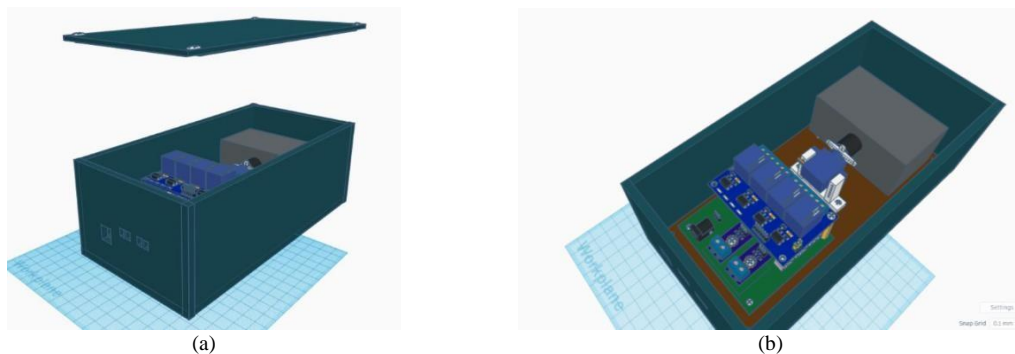
Gambar 2. Flowchart cara kerja dari sistem

Perancangan pengendalian blower pada prototipe PLTB menggunakan ESP32 sebagai mikro-kontroler dan terdapat beberapa komponen lainnya seperti sensor tegangan AC dan DC, relay, dan servo. Gambar 2 memuat tentang diagram alir dari cara kerja sistem. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa saat sistem diaktifkan dan melalui proses inialisasi jaringan kemudian alat terhubung ke jaringan internet melalui WiFi. Kemudian dilanjutkan dengan input data ke *blynk* dengan pilihan kecepatan yang bervariasi dan dipilih menggunakan salah satu fitur slider. Fitur slider dapat mengubah kecepatan blower saat digeser ke kiri atau ke kanan. Setelah ESP32 menerima data dari *blynk*, maka ESP32 akan membaca data tersebut kemudian mengirimkan perintah ke servo, kemudian servo memutar *dimmer* sesuai kecepatan yang diinputkan. Kemudian sensor tegangan AC dan DC membaca tegangan input ke *blower* dan tegangan input pada baterai, kemudian hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat dilihat pada tampilan aplikasi *blynk*. Dalam desain ini juga dilengkapi dengan relay untuk menhidupkan dan mematikan sistem PLTB.



Gambar 3. Rangkaian elektronik

Gambar 3 merupakan rangkaian elektronik pada *dimmer* IoT. Pada rangkaian tersebut terdapat ESP32 sebagai mikrokontroler yang mempunyai tugas untuk mengatur perputaran servo yang terhubung ke pin GPIO2 dan mengatur relay yang terhubung ke pin GPIO25. Mikrokontroler tersebut juga berfungsi untuk menerima data hasil dari pembacaan sensor tegangan AC yang terhubung ke pin GPIO33 dan sensor tegangan DC yang terhubung ke pin GPIO36. ESP32 terhubung ke Wi-Fi untuk mengendalikan servo dan relay melalui *blynk* dan untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *blynk*, sehingga praktikan dapat mengendalikan servo dan mengetahui besar tegangan melalui aplikasi *blynk* secara *real time*.



Gambar 4. (a). Desain 3D kotak pengendali (b). Tata letak komponen

Gambar 4.(a) merupakan desain 3D *dimmer* IoT dari tampak luarnya. Berdasarkan Gambar 4.(a), dapat dilihat bahwa terdapat beberapa lubang pada bagian cover, yang akan digunakan untuk jalur kabel input daya dan kabel yang terhubung ke sensor. Sedangkan Gambar 4.(b) merupakan desain 3D *dimmer* IoT dari tampak dalamnya. Beberapa komponen seperti ESP32, sensor tegangan, relay, servo, dan *dimmer* tersusun di dalam kotak tersebut. Knob *dimmer* terhubung dengan servo, sehingga ketika servo berputar maka knob *dimmer* akan ikut berputar.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil dan Analisis Pengujian Indikator

Hasil pengujian nilai tegangan input ke *blower* dan kecepatan angin yang dihasilkannya disajikan dalam Tabel 2. Tabel 2 memuat hasil pembacaan sensor, hasil kecepatan sistem, dan hasil pengukuran tegangan dan kecepatan menggunakan multimeter dan anemometer. Data diambil berdasarkan perputaran servo dimulai dari 0° derajat sampai 180° dengan selisih 5°.

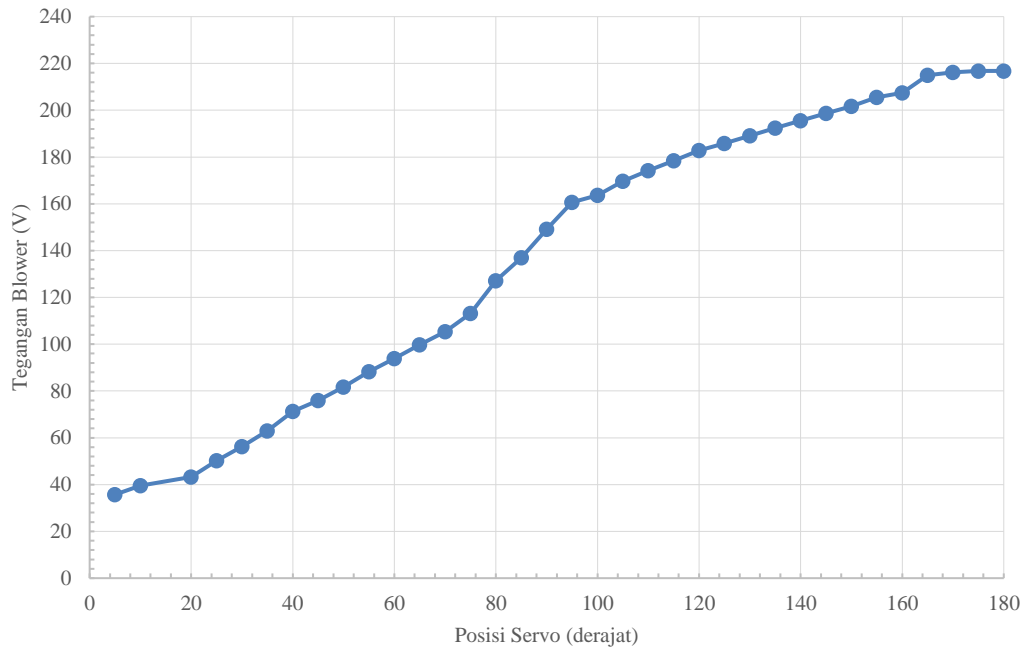
TABEL II HASIL PENGUJIAN SISTEM

No	Servo (derajat)	Pengukuran Tegangan AC (V)		Pengukuran Kecepatan (m/s)		Kuadrat Galat	
		Sensor	Multimeter	Sistem	Anemometer	Tegangan AC	Kecepatan
1	5	35,73	36	1,1	1,1	0,072	0
2	10	39,57	39,9	2	2	0,108	0
3	20	43,31	43	3,4	3,4	0,096	0
4	25	50,18	50,6	4	4	0,176	0
5	30	56,21	56,5	4,3	4,3	0,084	0
6	35	62,91	63,2	5,6	5,6	0,084	0
7	40	71,32	71	5,9	5,9	0,102	0
8	45	76	75,7	6,5	6,5	0,09	0
9	50	81,71	82,5	7,1	7,1	0,624	0
10	55	88,2	88	7,9	10	0,04	4,41
11	60	93,88	94	12,2	15,4	0,014	10,24
12	65	99,81	100,3	16	16,2	0,240	0,04
13	70	105,43	105	16,4	16,7	0,184	0,09
14	75	113,21	113	16,5	16,9	0,044	0,16
15	80	127,11	127	16,6	17,2	0,012	0,36
16	85	136,98	136,8	16,74	17,3	0,032	0,313
17	90	149,09	150	16,93	17,4	0,8281	0,2209
18	95	160,6	159,7	17,1	17,5	0,81	0,16
19	100	163,59	164,1	17,12	17,6	0,260	0,230
20	105	169,64	170,5	17,3	17,6	0,739	0,09
21	110	174,14	174,5	17,42	17,6	0,129	0,032
22	115	178,38	179	17,5	17,6	0,384	0,01
23	120	182,8	183	17,7	17,6	0,04	0,01
24	125	185,8	186	17,87	17,6	0,04	0,072
25	130	189,08	189	17,97	17,6	0,006	0,136
26	135	192,43	193	18	17,6	0,324	0,16
27	140	195,48	195,3	17,13	17,6	0,032	0,220
28	145	198,63	198,7	17,21	17,6	0,004	0,152
29	150	201,74	202,5	17,24	17,6	0,577	0,129
30	155	205,52	203,6	17,31	17,6	3,686	0,084
31	160	207,37	207,7	17,42	17,6	0,108	0,032
32	165	214,93	214,2	17,46	17,6	0,532	0,019
33	170	216,18	216	17,48	17,6	0,032	0,014
34	175	216,8	216,5	17,5	17,8	0,09	0,09
35	180	216,8	216,6	17,51	17,9	0,04	0,152

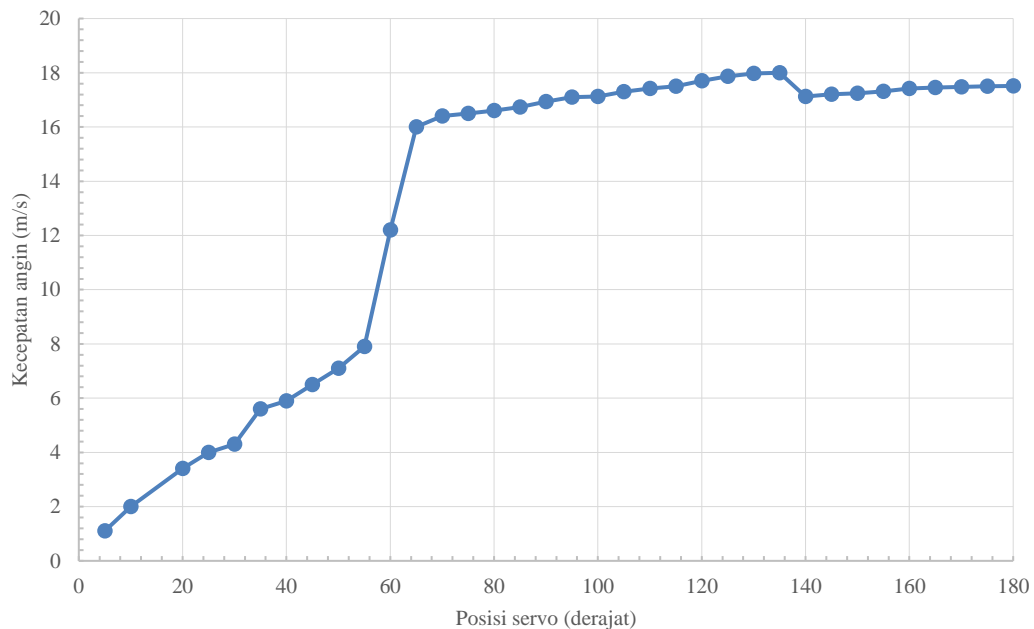
Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa nilai yang terbaca oleh sensor mendekati dengan nilai hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur. Sedangkan tegangan DC yang dihasilkan generator muncul ketika *blower* mendapat input 93,88 Volt atau pada sudut servo 60°. Hal tersebut terjadi karena saat tegangan input kurang dari 93,88 Volt maka angin yang dihasilkan oleh *blower* belum mampu memutar turbin pada PLTB.

Gambar 5, merupakan grafik hubungan antara tegangan AC sebagai input *blower* dengan posisi derajat servonya. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat hubungan antara derajat servo dengan luaran tegangan AC mendekati linear. Semakin besar derajat servo maka nilai tegangan tersebut akan semakin besar. Hal tersebut terjadi karena semakin besar derajat servo maka putaran pada *dimmer* akan semakin besar.

Sedangkan Gambar 6 menunjukkan hubungan antara posisi servo dengan kecepatan angin yang dihasilkan blower. Posisi servo mulai dari  $0^{\circ}$  sampai  $55^{\circ}$  memiliki hubungan linear, dengan kecepatan angin sebesar 10 m/s. Sedangkan pada sudut servo  $65^{\circ}$ , kecepatan angin naik secara tajam menjadi 16,2 m/s. setelah sudut servo di atas  $80^{\circ}$ , kecepatan angin naik secara perlahan dan cenderung stabil. Hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan tegangan input pada *blower* di atas 127 V tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan kecepatan angin. Berdasarkan Tabel 2 diperoleh nilai *root mean square error* (RMSE) untuk pengukuran tegangan AC, dan kecepatan angin berturut-turut sebesar 0,552 dan 0,709. Nilai ini dapat menggambarkan tingkat kesalahan rata-rata hasil pengukuran oleh sistem masih kecil.



Gambar 5. Hubungan antara posisi servo dengan tegangan AC input *blower*



Gambar 6. Hubungan antara posisi servo dengan kecepatan angin yang dihasilkan *blower*



## B. Pengujian Noise

Pengukuran *noise* dilakukan di dua tempat, yaitu di lokasi praktikan sebelum penggunaan IoT dan di tempat lain (berbeda ruang) dengan jarak lebih dari 10 m dari lokasi modul PLTB. Berdasarkan Gambar 7.(a), hasil pengukuran *noise* di lokasi PLTB sebesar 72,1 dB dan berdasarkan Gambar 7.(b), hasil pengukuran di lokasi tempat pengendalian PLTB dengan IoT (ruang lain) menunjukkan hasil 47,1 dB. Menurut Tabel 1, terjadi penurunan level dari tingkat 3 ke tingkat 2, sehingga *noise* tersebut tidak menyebabkan kerusakan yang fatal terhadap praktikan dalam jangka panjang.



Gambar 7 (a). Hasil pengukuran di dekat PLTB (b). Pengukuran noise di ruang berbeda

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pengendalian kecepatan angin pada prototipe PLTB berbasis IoT mampu mengendalikan kecepatan angin secara jarak jauh dengan nilai RMSE untuk pengukuran tegangan input ke blower dan kecepatan angin berturut-turut sebesar 0,552 dan 0,709. Sehingga sistem ini memiliki keakurasian yang baik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa paparan *noise* terjadi penurunan yang signifikan terhadap praktikan selama mengoperasikan sistem prototipe PLTB, yaitu dari 72,1 dB menjadi 47,1 dB. Hal tersebut karena proses pengoperasian dapat dilakukan secara jarak jauh.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadhan, M. R., Sasmono, S., Ekaputri, C., 2021, Perancangan Prototipe Konversi Hybrid Energi Suara, Energi Tekanan Dan Energi Angin Menjadi Energi Listrik Menggunakan Komponen Piezoelektrik, eProceedings of Engineering, vol. 8(5).
- [2] Tharo,Z., Hamdani, H., Andriana, M., 2019, Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya Dan Angin Sebagai Sumber Alternatif Menghadapi Krisis Energi Fosil di Sumatera, Prosiding Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU, vol. 2(1), pp. 141-144.
- [3] Pramono, W.B., Warindi. Mualimin, N., 2018, Pra-Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Pantai Selatan Gunung Kidul Yogyakarta. Prosiding SENTRA.
- [4] Wildan, R., Hiendro, A., Kurniawan, E., 2019, Perancangan Modul Praktikum Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Savonius, Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin, Vol 1(1).
- [5] Zainal, M., Putra, K.T., Amri, U., 2023, Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Vertical Axis Wind Turbin, Jurnal MOSFET Vol. 3(2), pp 17 – 22.
- [6] Hansen, C. & Hansen, K., 2020, Recent advances in wind turbine noise research. Acoustics vol. 2, pp. 171–206.
- [7] D. L. Dahlstrom, 2015, "Occupational Noise," in Hamilton & Hardy's Industrial Toxicology, no. 9, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 1115–1122.
- [8] "Kepmen No: KEP-48/MENLH/11/1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan," 1996. <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/peraturan-nasional> (accessed Sep. 12, 2019)
- [9] Chiu, C.H., Lung, S.C.C., Chen, N., Hwang, J.S., Tsou, M.C.M., 2021, Effects of low-frequency noise from wind turbines on heart rate variability in healthy individuals. Nature Scientific Reports.
- [10] Ishitake, T., 2018, Wind turbine noise and health effects. Nihon Eiseigaku Zasshi Vol.73, pp. 298–304.

- [11] Putri, A.M., Syahrudin, M., Gunoro, Haq, M.Z., 2023, An Implementation of Lighting Control Systems Buildings with Time Based Mapping and AC Light Dimmer Integrated IoT. *International Journal of Research and Review*, vol 11(1), pp. 445-452.
- [12] Kardha, D., Haryanto, H., Aziz, M. A., 2021, Kendali Lampu dengan AC Light Dimmer Berbasis Internet of Things, *Jurnal Go Infotech*, vol. 27(1).