

# RANCANG BANGUN PENGONTROLAN ARAH KINCIR ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGUNAKAN MOTOR SERVO

Andri Minawal<sup>1)</sup>, Rahyul Amri<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. H.R Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam,  
Pekanbaru, Riau 28293

E-mail : [andri.minawal@student.unri.ac.id](mailto:andri.minawal@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Windmills are a tool that can be used to convert kinetic energy in the wind into mechanical energy. The kinetic energy in the wind is in the form of translational energy which is converted into rotational energy and then it can also be used according to a need. Its main task is to convert wind energy into electrical energy, apart from that a windmill is also needed to be able to protect itself from the enormous ferocity of the wind. Protection is carried out at a windmill to prevent overspeed. If there is no protection system, the rotor will rotate to the limit of the capacity of a generator, blades and other rotor components so that it will malfunction and cause danger. In this study, a continuous rotation servo motor is used to control the direction of the windmill with a limited output voltage value. The prototype of this windmill was tested with a wind speed engineered using a fan as the direction of the wind. If the voltage value is below or above the output voltage value limit that has been programmed on Arduino, the servo motor on the windmill will rotate CW 90°. If the output voltage value is within the normal range, the windmill does not rotate to receive the wind energy it receives. For the test results that have been carried out, the results obtained in the first test when the fan condition is Off, the windmill produces an output voltage of 0V and the windmill rotates CW 90°. In the second test, when the fan is on, the windmill produces an output voltage of 2.25V, in a condition the windmill does not rotate. Then the fan starts off and produces an output voltage of 0.93V then the windmill rotates 90° CW. In the third test when the fan is on and after that the speed of the fan is increased to test the windmill so that it can rotate when getting the upper limit voltage value. When the fan is on, the windmill produces an output voltage of 2.61V on the gauge and the windmill does not rotate. Then the fan speed is increased and rotates CW 90° when it gets an output voltage of 3.36V.*

*Keyword: Direction, Windmill, Control, Horizontal Axis, Servo Motor*

## I. PENDAHULUAN

Kincir angin adalah alat yang digunakan untuk mengkonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanis, dimana energi kinetik angin yang berupa energi translasi diubah menjadi energi rotasi (putaran) yang kemudian dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Dalam perancangan tidak hanya mengutamakan bagaimana cara

kincir angin mengkonversikan energi mengingat bahwa energi angin sangat fluktuatif, maka kincir angin untuk mendapatkan energi yang optimal namun harus terlindungi dari kecepatan angin yang berlebih (Piggott, 1997).

Selain tugas utamanya adalah mengubah energi angin menjadi listrik, kincir angin harus beradaptasi dengan keadaan.

Kincir angin harus menghadapi angin dengan sendirinya. Kincir angin juga perlu melindungi dirinya dari keganasan angin yang lebih besar dari kecepatan angin yang sudah terukur sebelumnya. Ini harus terjadi secara otomatis, karena saat ini sangat tidak realistis untuk mengharapakan siapapun untuk dapat menjaganya sepanjang hari (Piggott, 1997).

Perlindungan pada kincir angin dilakukan untuk mencegah terjadinya *overspeed*. Tanpa sistem perlindungan, rotor dapat berputar hingga melebihi batasan kemampuan bilah, generator dan komponen rotor lainnya, sehingga dapat terjadi kegagalan fungsi, dengan kata lain berbahaya (Suandi et al., 2017).

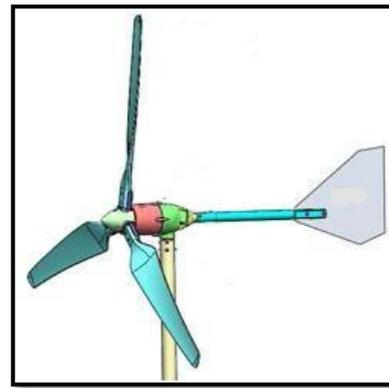
## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Angin

Angin merupakan udara yang bergerak yang terjadi karena adanya perbedaan suhu antara panas dan udara dingin. Adanya perbedaan suhu udara ini karena adanya perbedaan tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Pada dasarnya angin bertiup di permukaan bumi terjadi karena adanya penerimaan radiasi surya yang tidak merata di permukaan bumi, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara (Habibie et al., 2011).

### 2.2 Kincir Angin

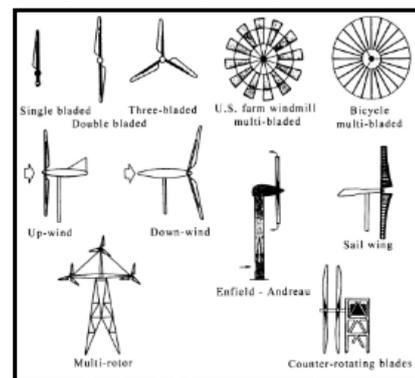
Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir angin merupakan turbin yang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Untuk gambar kincir angin dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kincir Angin.

### 2.3 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

HAWT merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Kelebihan turbin jenis ini yaitu, memiliki efisiensi yang tinggi. Kekurangannya yaitu, turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin. Untuk macam-macam desain HAWT dapat dilihat pada gambar 2.

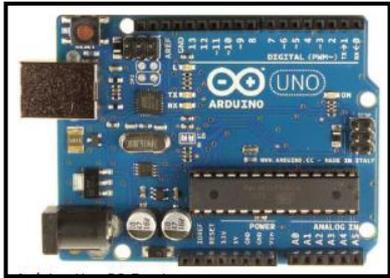


Gambar 2. Macam-Macam Desain HAWT.

### 2.4 Arduino Uno R3

Arduino ini merupakan sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada Atmega328. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai

untuk memulainya. Atmega328 pada arduino Uno hadir dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan kita untuk mengupload kode baru ke Atmega328 tanpa menggunakan pemrograman hardware eksternal. (Ichwan et al., 2012). Untuk gambar arduino uno r3 dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Arduino Uno R3.

## 2.5 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup, dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada didalam motor servo.

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Umumnya terdapat dua jenis motor servo yang terdapat dipasaran, yaitu motor servo *rotation* 180<sup>0</sup> dan servo *rotation continuous*. Untuk gambar motor servo dapat dilihat pada gambar 4.

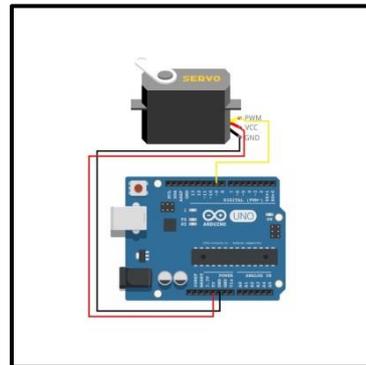


**Gambar 4.** Motor Servo.

### 2.5.1 Rangkaian Koneksi Motor Servo Dengan Arduino.

Pada rangkaian ini mengkoneksikan motor servo dengan arduino dengan cara,

kabel merah pada motor servo dihubungkan pada tegangan 5V arduino. Kemudian kabel hitam pada motor servo dihubungkan ke *pin* GND pada arduino, dan kabel kuning pada motor servo dihubungkan ke *pin* 9 pada arduino. Untuk rangkaian koneksi motor servo dengan arduino dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Rangkaian Koneksi Motor Servo Dengan Arduino.

## 2.6. Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk mengukur tegangan DC. Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 6.

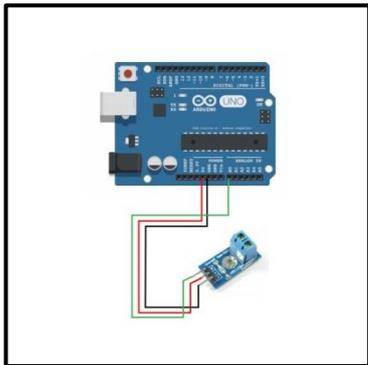


**Gambar 6.** Sensor Tegangan DC.

### 2.6.1. Rangkaian Koneksi Sensor Tegangan Dengan Arduino

Pada rangkaian ini digunakan sensor tegangan dc yang dihubungkan ke arduino dengan cara, kabel merah dihubungkan dengan tegangan 5V pada arduino, kemudian kabel biru pada sensor tegangan dihubungkan ke *pin ground* (GND) pada arduino, dan kabel berwarna hijau pada sensor tegangan dihubungkan ke *analog read* (A0) pada

arduino. Untuk rangkaian koneksi sensor tegangan DC dengan arduino dapat dilihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Rangkaian Koneksi Sensor Tegangan DC Dengan Arduino.

## 2.7. Motor DC

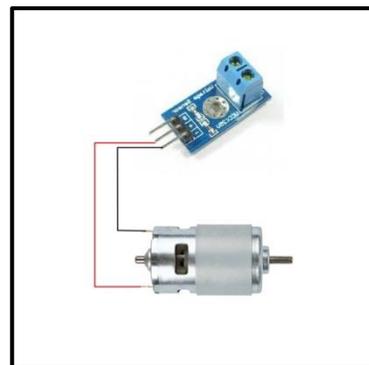
Generator adalah sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Energi yang menggerakkan generator sendiri sumbernya bermacam-macam. Pada pembangkit listrik tenaga angin misalnya generator bergerak karena adanya kincir yang berputar karena angin. Demikian pula pada pembangkit pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi gerak dari air. Sedangkan pada pembangkit listrik gerak dari generator didapatkan dari proses pembakaran bahan bakar. Generator bekerja berdasarkan hukum Faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (gaya gaya listrik) yang mempunyai satuan volt. Untuk gambar motor DC dapat dilihat pada gambar 8.



**Gambar 8.** Motor DC

### 2.7.1. Rangkaian Koneksi Motor DC Dengan Sensor Tegangan.

Pada rangkaian ini digunakan motor DC yang dihubungkan ke sensor tegangan dengan cara, kabel positif (hitam) dihubungkan ke VCC pada sensor tegangan, dan kabel negatif (biru) dihubungkan ke GND pada sensor tegangan. Untuk rangkaian koneksi motor DC dengan sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 9.



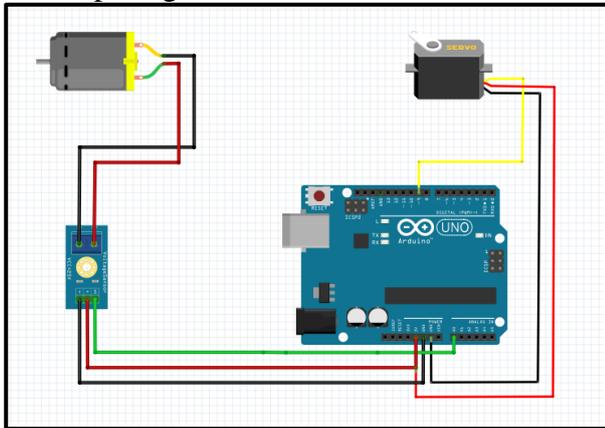
**Gambar 9.** Rangkaian Koneksi Motor DC Dengan Sensor Tegangan.

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan

Pada gambar konfigurasi sistem penelitian ini terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk pengontrolan arah kincir angin adalah Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang digunakan, motor servo untuk kendali arah kincir angin, sensor tegangan untuk membaca nilai tegangan, motor DC sebagai sumber untuk menghasilkan tegangan dari putaran baling-baling yang diterpa oleh angin. Cara kerja dari rangkaian ini adalah ketika motor DC berputar dengan kondisi diberikan tenaga angin dari sebuah kipas angin, maka putaran dari motor DC tersebut akan dibaca oleh sensor tegangan. Selanjutnya dari sensor tegangan akan di proses pada arduino untuk memberikan perintah kepada motor servo untuk bergerak sesuai dengan yang telah di program pada arduino yaitu dengan batasan nilai tegangan keluaran yang telah ditentukan mulai dari 0.00V-0.99V motor servo akan berputar CW 90°, jika nilai tegangan keluaran 1.00V-2.99V motor servo akan diam menerima arah

datangnya angin, dan jika nilai tegangan keluaran 3.00V maka motor servo akan berputar CW 90° sebagai bentuk perlindungan pada kincir angin itu sendiri terhadap kecepatan angin yang berlebih. Untuk perancangan sistem keseluruhan dapat dilihat pada gambar 10.

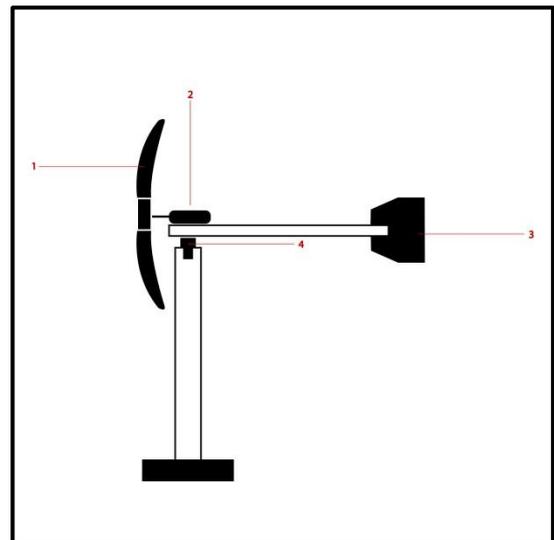


**Gambar 10.** Perancangan Sistem Keseluruhan.

### 3.2 Perancangan *Prototype* Kincir Angin

Dalam tahap perancangan *prototype* kendali arah kincir angin ini dirancang dengan tinggi 1 meter menggunakan pipa pvc ukuran 1 inc untuk bagian bawah, dan pipa pvc ukuran ½ inc untuk bagian atas. Untuk baling-baling menggunakan baling baling dari kipas angin sedangkan pada ekor dari kincir angin dibuat dari akrilik ukuran 20cm x 20cm. Penempatan untuk motor servo itu sendiri diletakkan diantara pipa bagian atas dan bagian bawah. Untuk perancangan *prototype* kincir angin dapat dilihat pada gambar 11.

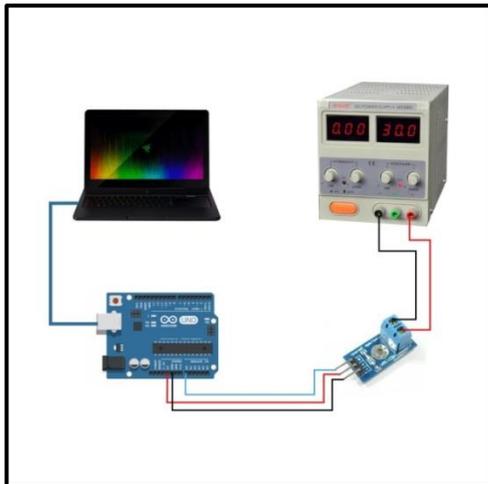
1. Baling baling kipas angin
2. Motor DC
3. Ekor
4. Motor Servo



**Gambar 11.** Perancangan *Prototype* Kincir Angin.

### 3.3 Kalibrasi Sensor Tegangan

Pada tahap kalibrasi sensor tegangan ini dilakukan sebelum merangkai komponen secara keseluruhan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan akurat. Dibutuhkan beberapa peralatan untuk melakukan tahap kalibrasi pada sensor tegangan yaitu laptop dengan software arduino ide, arduino, power supply DC, dan sensor tegangan. Tahap kalibrasi mulai dari tegangan 1V sampai dengan 25V pada power supply DC dengan cara memutar selektor voltage pada power supply DC dan bandingkan dengan tegangan keluaran pada serial monitor arduino ide. Nilai tegangan keluaran pada serial monitor tidak akan jauh berbeda pada nilai tegangan pada power supply DC. Untuk kalibrasi sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 12.



**Gambar 12.** Kalibrasi Sensor Tegangan.

Untuk program arduino untuk mengkalibrasi sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 13.

```
File Edit Sketch Tools Help
Upload
sketch_dec30b
#define analog A0

int na;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  na=analogRead(analog);
  float v = map(na, 0, 1023, 0, 25000);
  v= v/1000;
  Serial.print("Nilai pembacaan Sensor: ");
  Serial.print(v);
  Serial.println("");
}
```

**Gambar 13.** Program Arduino Kalibrasi Sensor Tegangan.

### 3.4. Pengujian Kincir Angin

Untuk menguji *prototype* kincir angin ini, kecepatan angin direkayasa dengan menggunakan kipas angin sebagai arah datangnya angin. Pada tahap pengujian ini untuk mempertahankan posisi ketika mendapatkan tegangan yang normal dan berpaling dari arah datangnya angin ketika mendapat tegangan terlalu tinggi sebagai sistem proteksi, dengan menggunakan motor servo sebagai kendali arah kincir angin.

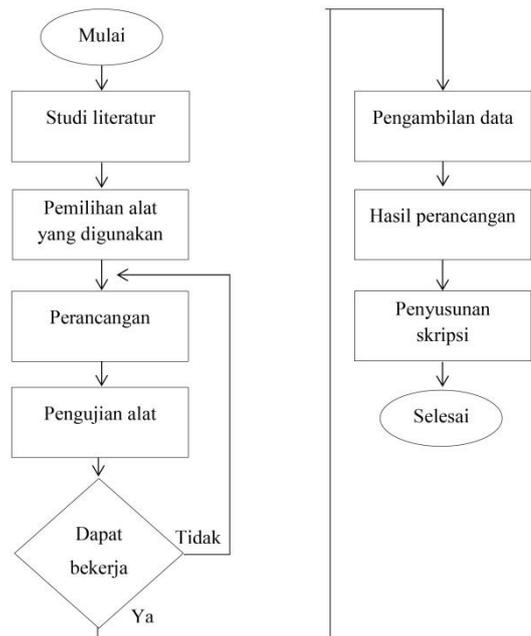
Untuk tabel batasan nilai tegangan dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Batasan Nilai Tegangan.

Batasan Nilai Tegangan	Nilai Tegangan V
Batasan bawah nilai tegangan	0.00V – 0.99V
Rentang Nilai Tegangan Normal	1.00V – 2.99V
Batasan atas nilai tegangan	3.00 V

### 3.5. Flowchart Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 14.



**Gambar 14.** Flowchart Penelitian.

## IV. HASIL PENELITIAN

### 4.1. Kalibrasi Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan ini dilakukan untuk mendapatkan persentase *error* dalam pembacaan nilai tegangan oleh sensor tegangan, dengan cara mengukur tegangan input yang terhubung dari PSU

(*Power Supply Unit*) dan tegangan output yang terhubung pada serial monitor. Nilai input tegangan dari 1v sampai dengan 25v dapat diubah dengan menggunakan PSU (*Power Supply Unit*) dan hasil pembacaan dari sensor tegangan akan ditampilkan pada serial monitor. Setelah melakukan kalibrasi maka didapatkan persentase *error* 13.10%. Untuk nilai kalibrasi sensor tegangan dapat dilihat pada tabel 2.

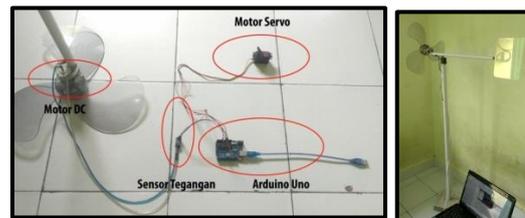
**Tabel 2.** Nilai Kalibrasi Sensor Tegangan.

Voltage	PSU ( <i>Power Supply Unit</i> )	Nilai Pembacaan Sensor Tegangan Pada Serial Monitor (V)
1	1	0.90
2	2	1.93
3	3	2.93
4	4	3.93
5	5	4.96
6	6	6.01
7	7	6.96
8	8	8.04
9	9	9.09
10	10	10.04
11	11	11.05
12	12	12.30
13	13	13.35
14	14	14.05
15	15	15.25
16	16	16.45
17	17	17.04
18	18	18.10
19	19	19.01
20	20	20.31
21	21	21.31
22	22	22.50
23	23	23.01
24	24	24.10
25	25	25.00
Jumlah pembacaan sensor tegangan		327.621 / 25
Hasil		13.10

#### 4.2. Pengujian Sistem

Pembuatan perangkat keras dari sistem ini mencakup mulai dari pembuatan

rangka dari *prototype* kincir angin serta rangkaian sensor tegangan, rangkaian motor servo, dan mikrokontroler. Pengujian sistem berguna untuk bisa mengetahui kerja dari rangkaian yang telah dibuat dan untuk memastikan rangkaian bekerja dengan benar. Untuk gambar rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada gambar 15.



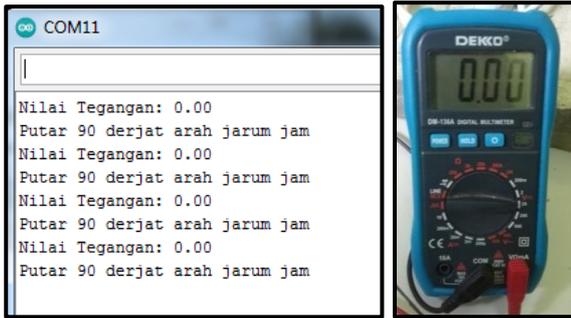
**Gambar 15.** Rangkaian Keseluruhan.

#### 4.3. Pengujian Dengan Nilai Tegangan Batasan Bawah

Pada kondisi pengujian ini, kincir angin tidak mendapatkan tegangan. Keadaan tersebut adalah kincir angin yang tidak mendapatkan angin dengan cara kondisi pengujian kipas angin dalam keadaan *off* sehingga tidak ada tegangan yang didapat oleh kincir angin. Pengujian ini dilakukan terhadap kincir angin untuk menguji nilai tegangan batasan bawah yang apabila nilai tegangan yang didapat mulai dari 0 v sampai dengan 0.99 v maka motor servo yang terdapat pada kincir angin akan berputar 90° untuk mencari arah datangnya angin. Untuk tabel dan gambar pengujian dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 16.

**Tabel 3.** Pengujian Dengan Kondisi Kipas Angin Dalam Keadaan *Off*.

Kipas Angin	Kondisi Kipas Angin	Kondisi Kincir Angin	Tegangan
1	<i>off</i>	Berputar 90°	0 v



**Gambar 16.** Pengukuran Tegangan Keluaran Pada Kincir Angin Dalam Kondisi Kipas Angin Dalam Keadaan *Off*.

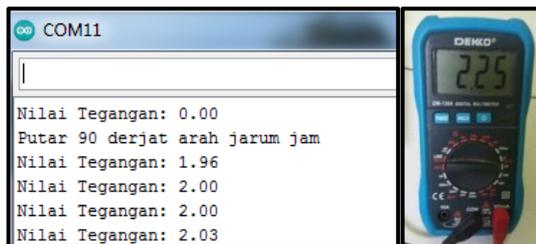
### 4.3. Pengujian Dengan Nilai Tegangan Batasan Normal

Pada kondisi pengujian ini, kincir angin mendapatkan tegangan keluaran 2.25V. Keadaan tersebut adalah kincir angin yang mendapatkan angin dengan kondisi pengujian kipas angin dalam keadaan *on*. Untuk tabel dan gambar pengujian dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 17.

Pengujian selanjutnya, kondisi kipas angin yang sebelumnya *on* menjadi *off* atau dimatikan. Kincir angin mendapatkan tegangan keluaran 0.95V, keadaan tersebut adalah kincir angin mulai tidak mendapatkan tenaga angin sehingga ketika mendapatkan rentang nilai tegangan batasan bawah motor servo pada kincir angin akan berputar CW 90°. Untuk tabel dan gambar pengujian dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 18.

**Tabel 4.** Pengujian Dengan Kondisi Kipas Angin Dalam Keadaan *On*.

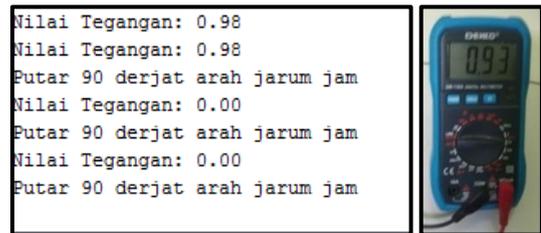
Kipas Angin	Kondisi Kipas Angin	Kondisi Kincir Angin	Tegangan
1	<i>on</i>	Tidak berputar	2.25V



**Gambar 17.** Pengujian Tegangan Keluaran Pada Kincir Angin Dalam Kondisi Kipas Angin Dalam Keadaan *On*.

**Tabel 5.** Pengujian Dengan Kondisi Kipas Angin Mulai *Off*.

Kipas Angin	Kondisi Kipas Angin	Kondisi Kincir Angin	Tegangan
1	<i>off</i>	Berputar 90°	0.93V



**Gambar 18.** Pengujian Tegangan Keluaran Pada Kincir Angin Dalam Kondisi Kipas Angin Mulai *Off* Atau Dimatikan.

### 4.4. Pengujian Dengan Nilai Tegangan Batasan Atas

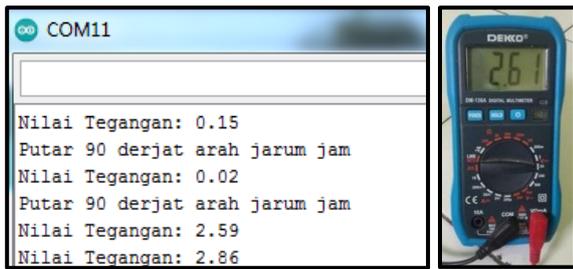
Pada kondisi pengujian ini, kincir angin awalnya mendapatkan tegangan keluaran 2.61V dalam kondisi kipas angin dalam keadaan *on*. Untuk tabel dan gambar pengujian dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 19.

Kecepatan pada kipas angin ditingkatkan untuk mendapatkan nilai tegangan batasan atas. Sehingga nilai tegangan keluaran yang didapatkan 3.66V. Untuk tabel dan gambar pengujian dapat dilihat pada tabel 7 dan gambar 20.

Keadaan tersebut adalah kincir angin yang pada awalnya mendapatkan nilai tegangan normal, setelah kecepatan angin pada kipas angin ditingkatkan kincir angin mencapai nilai tegangan batasan atas yang membuat motor servo pada kincir angin berputar CW 90°.

**Tabel 6.** Pengujian Dengan Kondisi Kipas Angin *On*.

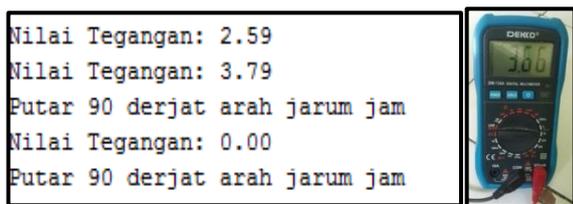
Kipas Angin	Kondisi Kipas Angin	Kondisi Kincir Angin	Tegangan
1	<i>on</i>	Tidak berputar	2.61V



**Gambar 19.** Pengujian Tegangan Keluaran Pada Kincir Angin Dalam Kondisi Kipas Angin Dalam Keadaan *On*.

**Tabel 7.** Pengujian Dengan Kondisi Kecepatan Kipas Angin Ditingkatkan.

Kipas Angin	Kondisi Kipas Angin	Kondisi Kincir Angin	Tegangan
1	<i>on</i>	Berputar 90°	3.66V



**Gamba 20.** Pengujian Tegangan Keluaran Pada Kincir Angin Dalam Kondisi Kecepatan Angin Ditingkatkan.

#### 4.5. Analisa Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menggunakan motor servo sebagai kendali arah kincir angin pada *prototype* kincir angin dengan pengujian dalam variasi kondisi nilai tegangan maka pada pengujian pertama saat kondisi kipas angin dalam keadaan *Off* kincir angin menghasilkan tegangan keluaran 0V dan kincir angin berputar CW 90°.

pada pengujian kedua saat kondisi kipas angin dalam keadaan *On* kincir angin menghasilkan tegangan keluaran 2.25V. dalam kondisi ini kincir angin mendapatkan nilai tegangan normal sehingga kincir angin tidak berputar selama dalam rentang nilai tegangan normal. Kemudian kipas angin mulai *off* untuk menguji kincir angin berputar ketika mendapat nilai tegangan batasan bawah. Dengan nilai tegangan keluaran 0.93V kincir angin berputar CW 90°.

Pada pengujian ketiga saat kipas angin *on* dan setelah itu kecepatan pada kipas angin ditingkatkan untuk menguji kincir angin agar dapat berputar saat mendapatkan nilai tegangan batasan atas. Saat kondisi kipas angin dalam keadaan *On* kincir angin menghasilkan tegangan keluaran 2.61V pada alat ukur dan kincir angin tidak berputar. Kemudian kecepatan pada kipas angin ditingkatkan dan mendapatkan nilai tegangan keluaran 3.36V kemudian motor servo yang adapada kincir angin berputar CW 90°. Untuk tabel hasil pengujian variasi kondisi tegangan keluaran *prototype* kincir angin dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Variasi Kondisi Tegangan Keluaran *Prototype* Kincir Angin.

	Kondisi Pengujian 1	Kondisi Pengujian 2	Kondisi Pengujian 3
(V) Alat Ukur	0V	2.25V	3.36V
(V) Serial Monitor	0V	0.93V	3.36V
		2.00V	3.79V
		0.98V	3.79V

#### V. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan dilakukan pengujian pada kincir angin, maka dapat diambil kesimpulan dengan kecepatan angin yang direkayasa menggunakan kipas angin, arah kincir angin yang dikendalikan menggunakan motor servo mampu mempertahankan posisi ketika dalam keadaan normal dengan nilai tegangan batasan normal dan mampu berpaling ketika mendapatkan nilai tegangan batasan atas. Hal ini dapat diketahui dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Habibie, M. N., Sasmito, A., & Kurniawan, R. (2011). Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(2), 181–187. <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i2.99>
- Ichwan, M., Husada, M. G., & Rasyid, M. I.

A. (2012). *Jurnal informatika*. 3(1), 13–25.

Piggott, H. (1997). Windpower workshop: building your own wind turbine. In *Windpower workshop: building your own wind turbine*.

Suandi, A., Pramudiono, L., & Supardi, N. I. (2017). Perancangan Mekanisme Furling Control untuk Kincir Angin Skala Mikro. *Teknosia*, 3(1), 47–59.  
<https://doi.org/10.6789/teknosia.v3i1.2123>