

## Analisis stabilitas tegangan pengisian baterai terhadap putaran kincir angin pada pembangkit listrik tenaga angin

Mira Esculenta<sup>1</sup>, Eko Hendry<sup>2</sup>, Arif Rochman<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

Diterima 24 Maret 2020

Direvisi 20 April 2020

Diterbitkan 28 April 2020

#### Kata kunci:

Turbin angin  
Output power  
Tegangan

#### Keywords:

Wind turbine  
Output power  
Voltage

### ABSTRAK

Pembangkit energi alternatif Saat ini semakin meningkat dikarenakan berkaitan dengan semakin banyaknya kebutuhan pasar akan energi. Ada beberapa pembangkit energi alternatif yang sudah mulai dibangun antara lain pembangkit listrik tenaga angin. Pada umumnya pembangkit listrik tenaga angin didirikan di daerah pesisir pantai atau di daerah yang memiliki angin menghasilkan banyak angin. Dalam membangun pembangkit listrik tenaga angin dibutuhkan banyak perhitungan yang matang supaya didapatkan desain yang sesederhana mungkin dengan biaya yang seminim mungkin akan tetapi dapat menghasilkan daya yang maksimal, sehingga dapat mengurangi pemborosan energi dan dapat memanfaatkan tenaga angin yang tersedia pada alam sekitarnya semaksimal mungkin dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

Pembuatan simulasi turbin angin dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi simulink pada matlab. Hasil dari simulasi dan analisa data adalah terdapat perbedaan pengaruh antara variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap daya keluaran dan nilai tegangan, karena nilai p-value < 0,05 dan membuktikan bahwa H0 dinyatakan ditolak.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar pitch angle maka kecepatan turbin terhadap daya keluaran dan tegangan yang dihasilkan juga akan semakin besar

### ABSTRACT

*Alternative energy generation is increasing as it relates to the growing number of energy market needs. There are several alternative energy plants that have begun to be built, such as wind power plants. In general, wind power plants are established in coastal areas or in areas that have produced a lot of wind. In building wind power plants needed a lot of mature calculations so that the design is as simple as possible with a minimal cost possible but can produce maximum power, so as to reduce energy waste and can utilize the wind power available in the surrounding nature as much as possible and can be utilized by the surrounding community.*

*The manufacture of simulation of wind turbine can be done using simulink simulation in MATLAB. The result of the simulation and data analysis is the difference in influence between the variation of pitch angle and the speed of the turbine to the output power and the voltage value, due to the P-value value of < 0.05 and proving that the H0 declared rejected.*

*The result of this study shows that the greater the pitch angle then the turbine speed to the output power and the resulting voltage will also be greater*

### Penulis Korespondensi:

#### Mira Esculenta

Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: milla20@gmail.com

### 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi angin sebagai pembangkit listrik dewasa ini semakin berkembang. Pemanfaatan yang paling utama sedang dikembangkan di berbagai daerah yang memiliki kadar angin lebih banyak adalah dimanfaatkan sebagai penghasil energi alternatif. Angin sebagai sumber energi alternatif merupakan salah satu dari berbagai macam energi alternatif yang sedang digalakkan saat ini seperti: minyak, batu bara, nuklir, gas, energi matahari, serta energi air. Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia

di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Indonesia, merupakan sebuah negara kepulauan dimana 2/3 wilayahnya merupakan lautan. Garis pantai di Indonesia adalah terpanjang di dunia yaitu  $\pm 80.791,42$  Km. Sehingga Indonesia merupakan wilayah yang potensial untuk pemanfaatan pembangkit listrik tenaga angin. Pemanfaatan energi angin merupakan pemanfaatan energi terbarukan yang paling berkembang saat ini.

Berdasarkan data dari WWEA (World Wind Energy Association), sampai pada tahun 2007, perkiraan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93.85 GigaWatts, menghasilkan lebih dari 1% dari total penghasil listrik secara global. Walaupun pada saat ini pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional pada umumnya, seperti PLTD, PLTU, dan lain-lain, turbin angin terus menerus dikembangkan oleh para ilmuwan. Karena dalam beberapa waktu ke depan manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarukan (Misalnya : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan energi listrik.

Perancangan Turbin angin dengan memanfaatkan *software* simulink pada matlab dimaksudkan untuk menggambarkan ciri, perhitungan matematis, dan karakteristik dari sistem turbin angin di dunia nyata untuk dibuat simulasi dengan menampilkan sifat operasionalnya. Sehingga dapat dibuat suatu analisa dan suatu kesimpulan yang dihasilkan dari simulasi. Dengan simulink diharapkan dapat menguji cobakan sistem turbin angin dalam sebuah simulasi digital, untuk mendapatkan desain, analisa dan kesimpulan tanpa menyentuh benda dalam dunia nyata.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan analisis two way anova. Variabel penelitian yang digunakan adalah variasi kecepatan angin dan tegangan listrik yang dihasilkan

Rumus mencari Daya keluaran pada turbin angin adalah sebagai berikut :

$$P = 0,5 \rho C_p A V^3 \quad \dots (1)$$

Dimana :

P = Daya Keluaran dari Turbin (Watt)

A = Area yang dilalui oleh kincir dari rotor (m<sup>2</sup>)

$\rho$  = Air density (kg/m<sup>3</sup>).

V = Velocity of the air (m/s)

= Power Coefficient

Daya maksimum yang dapat diterima dari rotor turbin pada kondisi ideal adalah 59,26% (0,5 kali) dari daya yang terdapat pada angin seperti yang dibuktikan oleh seorang ilmuwan yang bernama Betz, dan limit ini dikenal sebagai Betz limit.

Tip Speed Ratio (TSR) dari turbin angin dapat didefinisikan sebagai :

$$\lambda = (\Omega R) / V \quad \dots (2)$$

Dimana

$\lambda$  = Tip speed Ratio

$\Omega$  = Kecepatan Mekanik pada rotor (rad/s)

R = Radius dari kincir (m)

V = Velocity of the air (m/s)

### 2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah desain eksperimental

### 2.2 Populasi dan Sampel

1. Populasi

Desain PLT Angin dengan menggunakan reflektor dengan menggunakan simulasi.

2. Sampel

Desain PLT Angin dengan memperhatikan variasi kecepatan angin ( $\alpha$ ) dan variasi tegangan yang dihasilkan ( $\beta$ )

### 2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen dari penelitian ini adalah,

1. Variasi kecepatan angin ( $\alpha$ ).

2. Variasi tegangan yang dihasilkan ( $\beta$ ).

### 2.4 Data Penelitian

Data diambil dari hasil observasi dengan menggunakan simulasi alat ukur digital osiloskop dan multimeter.

### 2.5 Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara:

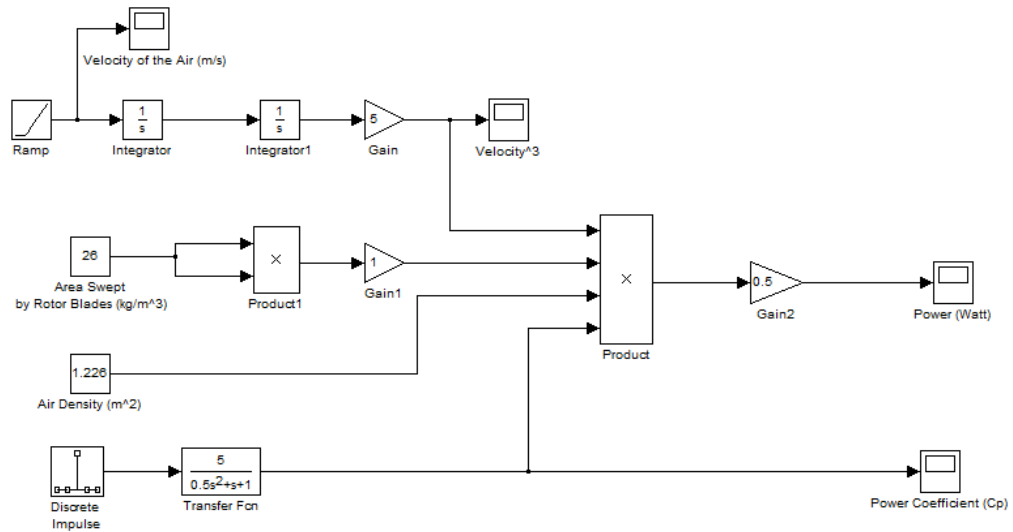
1. Data diambil adalah data hasil pengukuran

2. Uji eksperimen.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

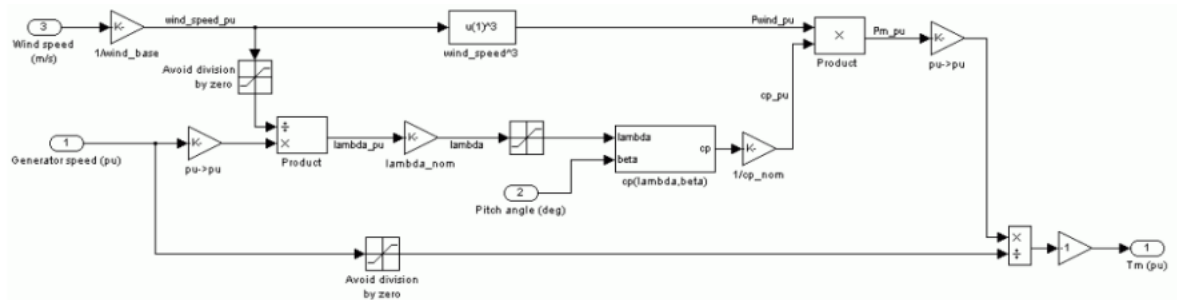
#### 3.1 Model Sistem Energi angin

Berdasarkan rumus Daya dan Betz limits, dapat dibuat sistem menggunakan matlab simulink sebagai berikut:



Gambar 1. Rangkaian Simulink Berdasarkan Rumus Daya

Setelah mensimulasikan model, daya output dan bentuk gelombang telah terlihat melalui blok lingkup. Gambar 1 menunjukkan sirkuit sistem energi angin yang dirancang menggunakan perangkat lunak MatLab Simulink



Gambar 2. Blok Diagram Simulink dari Wind Turbine

#### 3.2. Data dan Analisa Daya dan Tegangan keluaran

##### 3.2.1. Analisa Daya Keluaran Terhadap Pitch Angle dan Kecepatan Angin

Kecepatan Turbin	Pout Pada Pitch Angle = 0° (Watt)		Pout Pada Pitch Angle = 5° (Watt)		Pout Pada Pitch Angle = 10° (Watt)	
	Kecep Angin=6 m/s	Kecep Angin=10 m/s	Kecep Angin=6 m/s	Kecep Angin=10 m/s	Kecep Angin=6 m/s	Kecep Angin=10 m/s
0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,4	0,07	0,17	0,07	0,16	0,07	0,15
0,6	0,08	0,5	0,08	0,35	0,08	0,3
0,8	0	0,7	0,06	0,48	0	0,37
1	-0,1	0,7	0,04	0,57	-0,1	0,35
1,2	-0,12	0,5	-0,02	0,56	-0,12	0,23

Adapun untuk analisa data menggunakan metode *two way anova* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Analisa Anova Single Factor Daya keluaran secara keseluruhan

Anova: Two-Factor Without Replication						
SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance		
0	6	0	0	0		
0,2	6	0,3	0,05	5,7778E-35		
0,4	6	0,69	0,115	0,00247		
0,6	6	1,39	0,23166667	0,03193667		
0,8	6	1,61	0,26833333	0,08577667		
1	6	1,46	0,24333333	0,12074667		
1,2	6	1,03	0,17166667	0,09377667		
Kecepatan Angin=6 m/s	7	-0,02	-0,0028571	0,00635714		
Kecepatan Angin=10 m/s	7	2,62	0,37428571	0,0884619		
Kecepatan Angin=6 m/s	7	0,28	0,04	0,00136667		
Kecepatan Angin=10 m/s	7	2,17	0,31	0,0578		
Kecepatan Angin=6 m/s	7	-0,02	-0,0028571	0,00635714		
Kecepatan Angin=10 m/s	7	1,45	0,20714286	0,02115714		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0,38069524	6	0,06344921	2,6873689	0,032977	2,420523189
Columns	0,96522857	5	0,19304571	8,17638359	5,78E-05	2,533554548
Error	0,70830476	30	0,02361016			
Total	2,05422857	41				

Berdasarkan tabel anova di atas dapat diketahui nilai p-value akan mempengaruhi analisis data terhadap variabel yang sudah ditentukan, untuk dapat mengetahui kesimpulan dari data tabel di atas, sebagai berikut penjelasannya:

- a. Hipotesis:
  - H0= Tidak ada pengaruh variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap daya keluaran
  - H1= pengaruh variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap daya keluaran
- b. Pengambilan keputusan
  - Jika p value > 0.05, H0 diterima.
  - Jika p value < 0.05, H0 ditolak.

Maka dapat disimpulkan bahwa p-value adalah 0,032977 yang artinya < 0,05 dan membuktikan bahwa Hipotesis (H0) yang berbunyi “Tidak ada pengaruh variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap daya keluaran” dinyatakan ditolak karena terdapat pengaruh antara variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap daya keluaran

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar pitch angle maka kecepatan turbin terhadap daya keluaran juga akan semakin besar

### 3.2.2. Analisa Tegangan Keluaran Terhadap Pitch Angle dan Kecepatan Angin

Tabel 9. tegangan keluaran secara keseluruhan

Kecepatan Turbin	Tegangan Pada Pitch angle = 0°		Tegangan Pada Pitch angle = 5°		Tegangan Pada Pitch angle = 10°	
	Kecepatan Angin = 6 m/s	Kecepatan Angin = 10 m/s	Kecepatan Angin = 6 m/s	Kecepatan Angin = 10 m/s	Kecepatan Angin = 6 m/s	Kecepatan Angin = 10 m/s
0	0	0	0	0	0	0
0,2	2,941176471	2,941176471	2,941176471	2,941176471	2,941176471	2,941176471
0,4	4,117647059	10	4,117647059	9,411764706	4,117647059	8,823529412
0,6	4,705882353	29,41176471	4,705882353	20,58823529	4,705882353	17,64705882
0,8	0	41,17647059	3,529411765	28,23529412	0	21,76470588
1	-5,882352941	41,17647059	2,352941176	33,52941176	-5,882352941	20,58823529
1,2	-7,058823529	29,41176471	-1,176470588	32,94117647	-7,058823529	13,52941176

Tabel 10. analisa anova two factor without replication tegangan keluaran secara keseluruhan

Anova: Two-Factor Without Replication						
SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance		
0	6	0	0	0		
0,2	6	17,64705882	2,941176471	0		
0,4	6	40,58823529	6,764705882	8,546712803		
0,6	6	81,76470588	13,62745098	110,5074971		
0,8	6	94,70588235	15,78431373	296,805075		
1	6	85,88235294	14,31372549	417,8085352		
1,2	6	60,58823529	10,09803922	324,4867359		
Kecepatan angin = 6 m	7	-1,176470588	-0,168067227	21,99703411		
Kecepatan angin = 10	7	154,1176471	22,01680672	306,0965563		
Kecepatan angin = 6 m	7	16,47058824	2,352941176	4,728950404		
Kecepatan angin = 10	7	127,6470588	18,23529412	200		
Kecepatan angin = 6 m	7	-1,176470588	-0,168067227	21,99703411		
Kecepatan angin = 10	7	85,29411765	12,18487395	73,20810677		
ANOVA						
Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	1317,284561	6	219,5474268	2,687368902	0,032976975	2,420523189
Columns	3339,891251	5	667,9782501	8,176383585	5,78472E-05	2,533554548
Error	2450,881529	30	81,69605097			
Total	7108,057341	41				

Berdasarkan tabel anova di atas dapat diketahui nilai p-value akan mempengaruhi analisis data terhadap variabel yang sudah ditentukan, untuk dapat mengetahui kesimpulan dari data tabel di atas, sebagai berikut penjelasannya:

- a. Hipotesis:
  - H0= Tidak ada pengaruh variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap nilai Tegangan
  - H1= pengaruh variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap nilai Tegangan
- b. Pengambilan keputusan
  - Jika p value > 0.05, H0 diterima.
  - Jika p value < 0.05, H0 ditolak.

Maka dapat disimpulkan bahwa p-value adalah 0,032976975 yang artinya < 0,05 dan membuktikan bahwa Hipotesis (H0) yang berbunyi “Tidak ada pengaruh variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap nilai Tegangan” dinyatakan ditolak karena terdapat pengaruh antara variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap nilai Tegangan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ketika nilai pitch angle semakin besar, maka kecepatan turbin terhadap nilai tegangan yang dihasilkan juga akan semakin besar

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisa yang dilakukan pada data yang diperoleh dari eksperimen, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan pengaruh antara variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap daya keluaran, karena p-value adalah 0,000176 yang artinya < 0,05 dan membuktikan bahwa H0 dinyatakan ditolak. Sedangkan pada analisa tegangan keluaran terdapat pengaruh antara variasi pitch angle dan kecepatan turbin terhadap tegangan p-value adalah 0,000176 yang artinya < 0,05 dan membuktikan bahwa H0 dinyatakan ditolak.
2. Dengan pitch angle dan kecepatan angin yang sama, tegangan keluaran yang dihasilkan relatif stabil.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arikunto, S. 2005. *Manajemen Penelitian*. Edisi Revisi. Penerbit Rineksa Cipta
- [2] Carrigan, T.J. 2010. *Aerodynamic Shape Optimization of A Vertical Axis Wind Turbines*. Master of Science Aerospace Engineering – The University of Texas. Arlington.
- [3] Green, J H. 1996. *Renewable Energy Systems in Southeast Asia*. PennWell Books. Oklahoma. *Approximation*, Penelitian ITS.
- [4] Kemp, WH. 2009. *The Renewable Energy Handbook*. Aztext Press. Canada.
- Lacouture, DC, and Kathy O Roper, 2009. *Renewable Energy in US Federal Buildings*. *Journal of Facilities* 27 (5/6): 173-186.
- [5] Roshen T. Ahmad , Abdul-Hussain, *Modeling and Simulation of Wind Turbine Generator Using Matlab-Simulink*
- [6] *Wind Turbine Power Calculations RWE npower renewables Mechanical and Electrical Engineering Power Industry*