



## Pengambilan Keputusan Pemilihan Daya Listrik Kincir Angin Sumbu Vertikal

Arif Rochman Fachrudin<sup>1\*</sup>, Mira Esculenta Martawati<sup>1</sup>, Bambang Sugiono Agus Purwono<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang  
Jl Soekarno Hatta No 9 Malang, Indonesia

\*Email Penulis: <sup>1</sup>arfachrudin@gmail.com, <sup>2</sup>mira.esculenta@polinema.ac.id, <sup>3</sup>bambangsap2010@gmail.com.

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 30/10/2017  
Naskah Direvisi 03/11/2017  
Naskah Disetujui 03/11/2017  
Naskah Online 03/11/2017

### ABSTRAK

Potensi energi untuk energi listrik nasional sangat besar sedangkan kapasitas terpasang masih kecil. Untuk cadangan energi angin, potensi energi yang tersedia sebesar 60,6 GW akan tetapi yang terpasang baru 1,1 MW atau sebesar 0,02%. Pada saat ini dibutuhkan energi yang ramah terhadap lingkungan dan usaha untuk mengkombinasikan kebutuhan sumber energi tak terbarukan ke Energi Baru Terbarukan (EBT). Potensi dan pemanfaatan EBT di Indonesia masih sangat kecil. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi angin. Dengan pemanfaatan Kincir Angin, Energi angin dirubah menjadi energi mekanik dan selanjutnya bisa menghasilkan listrik melalui generator. Kincir angin selain ramah lingkungan, murah, mudah dioperasikan dan mudah untuk dilakukan pemeliharaan.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh kecepatan angin, dan jumlah sudu untuk proses pengambilan keputusan pemilihan daya listrik kincir Angin Sumbu Vertikal.

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental Kincir Angin Sumbu Vertikal. Desain kincir angin ini dengan jumlah sudu 2, 3, dan 4 unit serta kecepatan angin yang divariasikan dari 3,2 m/s, 3,4 m/s dan 3,8 m/s.

Kesimpulan hasil penelitian adalah untuk variasi jumlah sudu 2, 3 dan 4 unit, jumlah sudu 4 unit mempunyai rataan daya yang terbesar yaitu sebesar 29,09 Watt. yaitu pada kecepatan angin 3,2 [m/s]

**Kata kunci:** : kecepatan angin, pengambilan keputusan, KASV, energi, sudu.

### 1. PENDAHULUAN

Potensi energi untuk energi listrik nasional sangat besar dengan kapasitas terpasang masih kecil, hal ini dikarenakan belum di eksplorasi secara efektif dan efisien (Purwono dkk., 2015). Untuk cadangan energi angin dengan cadangan energi sebesar 60,6 GW dan kapasitas terpasang baru 1,1 MW atau sebesar 0,02% dengan rataan kecepatan angin di Jawa Timur pada tahun 2015 sebesar 3,8 m/s dan 2016 sebesar 3,6 m/s yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Pada saat ini dibutuhkan energi yang ramah terhadap lingkungan dan usaha untuk mengkombinasikan kebutuhan sumber energi tak terbarukan ke Energi Baru Terbarukan (Smil, 2006). Berdasarkan pada ([www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id), 2017), potensi dan pemanfaatan EBT di Indonesia masih sangat kecil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi angin. Dengan pemanfaatan Kincir Angin, Energi angin dirubah menjadi energi mekanik dan selanjutnya bisa menghasilkan listrik melalui generator. Kincir angin selain ramah lingkungan,

murah, mudah dioperasikan dan mudah untuk dilakukan pemeliharaan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kecepatan angin, dan jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV) dan proses pengambilan keputusan pemilihan daya listrik kincir Angin Sumbu Vertikal.

Tabel 1 menunjukkan kecepatan angin rata rata di Jawa Timur.

**Tabel 1.** Kecepatan angin di Jawa Timur [m/s]

Provinsi	Th 2015	Th 2016
Jawa Timur	7.53 knot (3.8 m/s)	7.19 knot (3.6 m/s)

Sumber: <https://www.jatim.bps.go.id/>

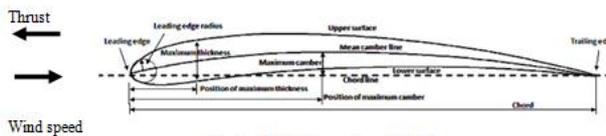
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV) merupakan jenis turbin angin dimana poros utamanya dipasang melintang ke angin dengan komponen utama terletak didasar turbin (Purwono and Masroni., 2017). Prinsip kerja dari KASV adalah sumber angin berupa kecepatan angin diperoleh dari alam menumbuk airfoil (Gambar 1). Dengan menggunakan teori segitiga kecepatan diperoleh gaya lift and drag serta resultante dari kedua gaya. Gaya yang dihasilkan memutar sudu KASV dan menghasilkan putaran pada poros. Putaran langsung dihubungkan dengan generator melalui flendes. Kecepatan angin dan daya listrik yang dihasilkan diukur dengan menggunakan digital multi-tester, digital anemometer, dan micro-controller.

**Tabel 2.** Potensi dan pemanfaatan EBT di Indonesia

EBT	Potensi	Termanfaatkan	Persentase
Air dan Mikro Hidro	75 GW	5.124 MW	7,07 %
Surya	207,8 GWp	0,085 GWp	0,04 %
Panas Bumi	12,3 GW	1,64 GW	5,6 %
Bayu/angin	60,6 GW	1,1 MW	0,002 %
Bio-energi	32,6 GW	-	-
BBN	200.000 bph	1,78 GW	5,5 %
Energi laut	-	-	-
Total	443,2 GW	8,8 GW	-

Sumber: [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id) (2017)



**Gambar 1.** Airfoil nomenclature

Gambar 1 memperlihatkan profil geometris dari airfoil untuk Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV).

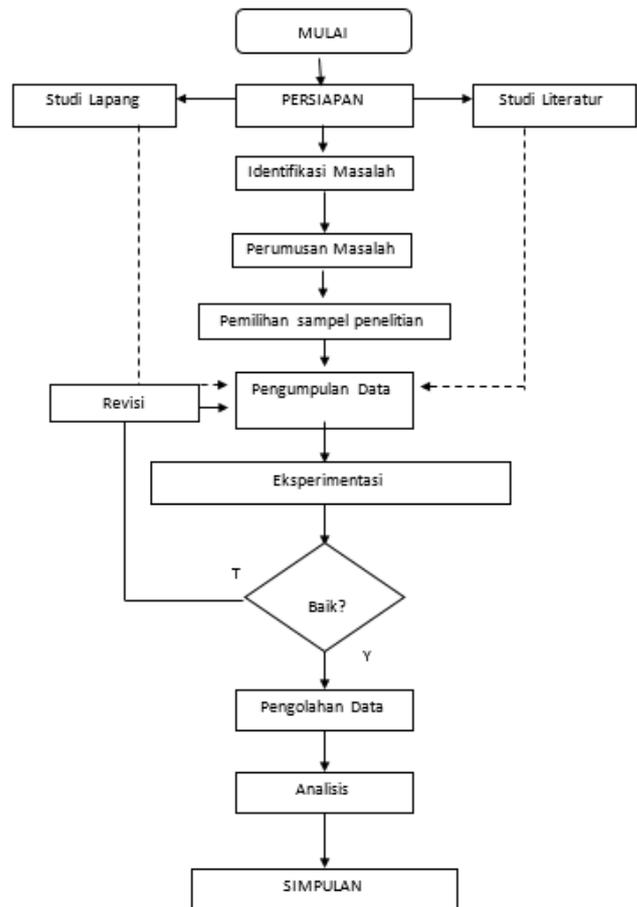
Analisis keputusan didefinisikan sebagai proses pemilihan atau seleksi terhadap pemilihan beberapa alternatif pilihan yang memungkinkan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dan di Jl. Dirgantara Permai B 5 No. 33, Malang.

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Populasi dan Sampel

#### 3.2.1 Populasi

Desain kincir angin tipe sumbu vertikal dengan jumlah sudu 2, 3, dan 4 unit serta kecepatan angin bervariasi dari 3,2 m/s, 3,4 m/s dan 3,8 m/s.

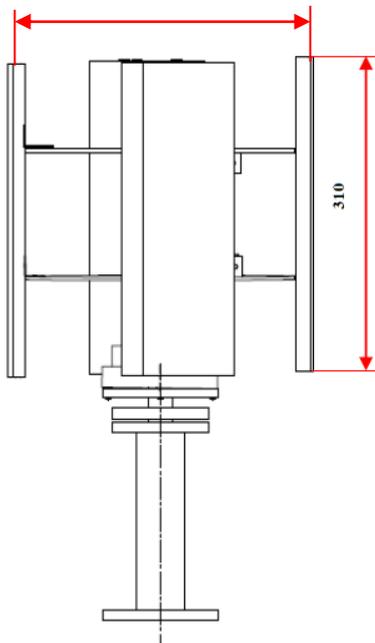
#### 3.2.2 Sampel

KASV dengan kecepatan angin 3,2 m/s, 3,4 m/s dan 3,8 m/s. Jumlah sudu 2, 3, dan 4 unit dan daya listrik yang dihasilkan diukur dengan menggunakan digital anemometer, digital multi tester dan microcontroller.

### 3.2.3 Variabel-variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah :

1. Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV).
2. Kecepatan angin adalah 3,2 m/s, 3,4 m/s dan 3,8 m/s. (disimulasikan dengan kipas angin).
3. Jumlah sudu menggunakan 2, 3 dan 4 unit.
4. Daya listrik yang dihasilkan



Gambar 3. KASV dengan 4 Unit Sudu

Gambar 3 memperlihatkan Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV) dengan 4 unit sudu. Gambar 4 menunjukkan eksperimentasi KASV dengan 4 unit sudu dengan simulasi.



Gambar 4 Eksperimentasi KASV dengan 4 unit sudu

### 3.2.4 Data Penelitian

Data primer diambil dari hasil observasi dan eksperimentasi dengan menggunakan digital anemometer, digital multi tester dan microcontroller.

### 3.2.5 Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data adalah dengan cara:

1. Data diambil adalah data primer (dari hasil pengukuran/eksperimentasi).
2. Uji ekperimentasi.

### 3.2.6 Model Matematis

Model matematis yang digunakan adalah desain eksperimental – one way classification (Miller, I, and John E Freund., 1985) adalah:

$$y_{ij} = \mu + K_{Ai} + \epsilon_{ij} \tag{1}$$

dimana,

- $i = 1, 2, \dots, a;$
- $k = 1, 2, \dots, n.$

- $K_{Ai}$  = Kecepatan angin KASV ke  $i$  [m/s].
- $y_{ij}$  = Daya listrik yang dihasilkan [watt].
- $\epsilon_{ij}$  = Galat

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 memperlihatkan tentang data berkaitan dengan kecepatan angin, jumlah sudu 2 unit dan daya yang dihasilkan KASV. Kecepatan dilakukan dengan simulasi pada terowongan angin (*wind tunnel*).

Tabel 3 Replikasi, Jumlah sudu 2 [unit], Kecepatan angin [m/s] dan daya listrik [watt]

Replikasi	Kecepatan angin [m/s]		
	3.2	3.4	3.8
1	3.36	3.36	3.35
2	3.35	3.36	3.35
3	3.36	3.35	3.77
4	3.35	3.34	3.78
5	3.34	3.35	3.35
6	3.35	3.77	3.35
7	3.76	3.35	3.35
Jumlah	23.87	23.87	24.31
Rataan	3.41	3.41	3.47

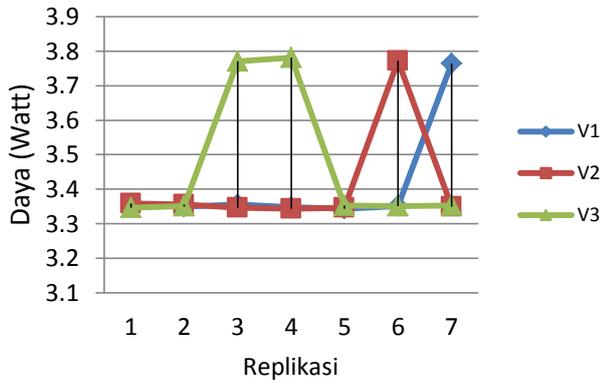
Sumber: Data primer diolah.

Analisis Variansi untuk KASV dengan sudu 2 unit ditunjukkan pada Tabel

**Tabel 4. Analisis Variansi untuk KASV dengan sudu 2 unit**

Sumber	dk	JK	RJK	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	2	0.018	0.009	0.293	3.550
Galat	18	0.558	0.031		
Total	20	0.576			

Kesimpulan:  $F_{hitung} < F_{tabel}$  ( $0,293 < 3,55$ ), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan nilai rataan kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5%.



Gambar 5. Grafik Replikasi, daya, dan kecepatan angin

Kesimpulan bahwa rata-rata daya yang terbesar (Tabel 3 dan Gambar 5) adalah pada kecepatan angin 3,8 m/s dengan rata-rata daya sebesar 3,47 Watt dengan jumlah sudu adalah 2 unit.

Tabel 5. Replikasi, Jumlah sudu 3 [unit], Kecepatan angin [m/s] dan daya listrik [watt]

Replikasi	Kecepatan angin [m/s]		
	3.2	3.4	3.8
1	12.67	17.77	17.44
2	12.76	20.35	20.07
3	8.66	22.33	22.10
4	13.20	11.68	11.57
5	13.18	12.17	12.30
6	11.64	10.66	10.76
7	10.18	11.04	11.23
Jumlah	82.29	106.00	105.46
Rataan	11.76	15.14	15.07

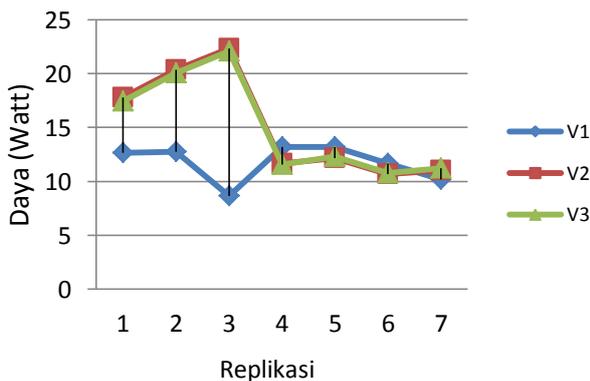
Sumber: Data primer diolah.

Analisis Variansi untuk KASV dengan sudu 3 unit ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Variansi untuk KASV dengan sudu 3 unit

Sumber	dk	JK	RJK	Fh	Ft
Perlakuan	2	52.33	26.165	1.598	3.55
Galat	18	294.67	16.371		
Total	20	347.00			

Kesimpulan:  $F_{hitung} < F_{tabel}$  ( $1,598 < 3,55$ ), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan nilai rata-rata kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5%.



Gambar 6. Grafik Replikasi, daya, dan kecepatan angin

Kesimpulan bahwa rata-rata daya yang terbesar (Tabel 5 dan Gambar 6) adalah pada kecepatan angin 3,4 m/s dengan rata-rata daya sebesar 15,14 Watt dengan jumlah sudu adalah 3 unit.

Tabel 7. Replikasi, Jumlah sudu 4 [unit], Kecepatan angin [m/s] dan daya listrik [watt]

Replikasi	Kecepatan angin [m/s]		
	3.2	3.4	3.8
1	29.31	31.40	22.53
2	28.25	29.82	23.03
3	32.92	27.19	28.20
4	23.49	26.59	22.03
5	30.33	25.04	21.56
6	32.53	24.16	20.99
7	26.78	23.66	30.33
Jumlah	203.61	187.85	168.66
Rataan	29.09	26.84	24.09

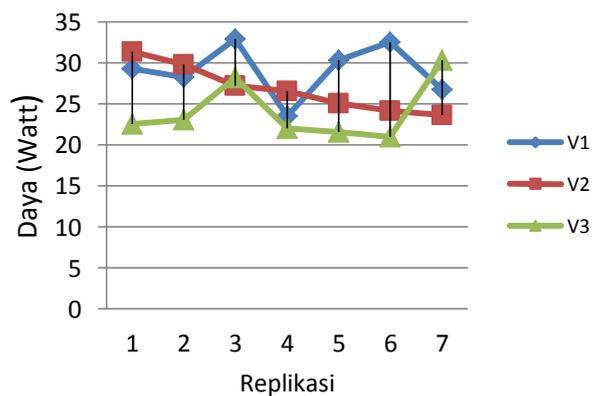
Sumber: Data primer diolah.

Analisis Variansi untuk KASV dengan sudu 4 unit ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 8. Analisis Variansi untuk KASV dengan sudu 4 unit

Sumber	dk	JK	RJK	Fh	Ft
Perlakuan	2	87.56	43.78	4.03	3.55
Galat	18	195.59	10.87		
Total	20	283.14			

Kesimpulan:  $F_{hitung} < F_{tabel}$  ( $4,03 > 3,55$ ), maka hipotesis nul ditolak, artinya ada perbedaan nilai rata-rata kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5%.



Gambar 7. Grafik Replikasi, daya, dan kecepatan angin

Kesimpulan bahwa rata-rata daya yang terbesar (Tabel 7 dan Gambar 7) adalah pada kecepatan angin 3,2 m/s dengan rata-rata daya sebesar 29,09 Watt dengan jumlah sudu adalah 4 unit.

## 5. KESIMPULAN dan SARAN

### 5.1 Kesimpulan:

Kesimpulan hasil penelitian adalah:

- 1.a. Untuk jumlah sudu 2 unit diperoleh, karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  ( $1,598 < 3,55$ ), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan nilai rata-rata

kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5%.

Smil, Vaclav., (2006), Energy at The Crossroads, Background notes for a Presentation at the Global Science Forum Conference on Scientific Challenges for Energy Research, Paris

- 1.b. Untuk jumlah sudu 3 unit diperoleh, karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  ( $1,598 < 3,55$ ), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan nilai rata-rata kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5%.
- 1.c. Untuk jumlah sudu 4 unit diperoleh, karena  $F_{hitung} < F_{tabel}$  ( $1,598 < 3,55$ ), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan nilai rata-rata kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5%.
- 2.a. Alternatif pilihan untuk jumlah sudu 2 unit adalah rata-rata daya yang terbesar adalah pada kecepatan angin 3,8 m/s dengan rata-rata daya sebesar 3,47 Watt.
- 2.b. Alternatif pilihan untuk jumlah sudu 3 unit adalah rata-rata daya yang terbesar adalah pada kecepatan angin 3,4 m/s dengan rata-rata daya sebesar 15,14 Watt
- 2.c. Alternatif pilihan untuk jumlah sudu 4 unit adalah rata-rata daya yang terbesar pada variasi kecepatan angin yaitu angin 3,2 m/s dan mempunyai daya terbesar dari variasi jumlah unit sudu 2,3 dan 4 unit, yaitu sebesar 29,9 Watt pada kecepatan angin 3,2 m/s

## 5.2 Saran:

Beberapa saran yang bisa disampaikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu melakukan penelitian dengan jumlah sudu yang berbeda.
2. Perlu melakukan penelitian dengan dimensi sudu yang berbeda.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktur DRPM KemenRisTekDikTi – Republik Indonesia dan Direktur Politeknik Negeri Malang atas bantuan dan kesempatan yang diberikan.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- <http://www.esdm.go.id/>. (On line, 4 Juli 2017).  
<https://www.jatim.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1348> (On line, 12 Juni 2017).
- Miller, I and John E. Freund. (1985), Probability and Statistics for Engineers, Third Edition. PHI, New Delhi.
- Purwono, BSA, Rahbini, Ubud salim, Djumahir, and Solimun., (2015), Analysis of dominants factor of renewable energy energy strategy, Journal Elsevier – Energy Procedia. Vol. 68, pp. 136-144.
- Purwono, BSA and Masroni., (2017), Teknologi Mekanik (Pengukuran Pada Proyek Kincir Angin Sumbu Vertikal, Polinema Press, Malang, pp. 20