

## **VERTICAL AXIS WIND TURBINE PORTABLE SEBAGAI SOLUSI PENINGKATKAN RASIO ELEKTRIFIKASI UNTUK DAERAH-DAERAH TERPENCIL**

**Slamet Budiprayitno<sup>2</sup>, Andrew Prasetyo<sup>1</sup>, Yohidha Ismarningtyas<sup>1</sup>, Dewi Rahmatika Yunitasari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro Otomasi - Fakultas Vokasi - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

<sup>2</sup>Mechatronics and Industrial Automation Research Center, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Email: [andrewprasetyo1@gmail.com](mailto:andrewprasetyo1@gmail.com).

**Abstrak** - Berdasarkan data pada peta tahun 2011 Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, daerah yang memiliki rasio kelistrikan nasional paling kecil adalah daerah Indonesia Timur terutama Nusa Tenggara Timur yaitu sebesar 29.10% pada tahun 2010 sedangkan sampai akhir tahun 2012 Pulau Papua menjadi wilayah dengan rasio elektrifikasi terendah yakni sebesar 35.89% (KESDM 2012). Pada Pulau Jawa, hanya DKI Jakarta yang memiliki rasio kelistrikan 100%, sedangkan rata-rata daerah lainnya di Pulau Jawa sebesar 69.5%. Berdasarkan data tersebut kami mencoba menawarkan sebuah solusi dengan membuat alat "Vertical Axis Wind Turbin Portable". Alat ini memanfaatkan prinsip aerodinamika untuk memutar turbinnya yang dikombiasi dengan menggunakan perhitungan rasio gerigi sehingga memiliki kemampuan dapat bekerja pada daerah yang minim angin. Rata – rata kecepatan angin yang ada di Indonesia tidak begitu besar kecuali untuk daerah pesisir. Selain itu Indonesia juga memiliki berbagai bentuk dataran tinggi sehingga alat ini kami desain agar mudah diatur ketinggiannya dari tinggi 1 meter sampai tinggi 4 meter sehingga dapat memudahkan dalam penempatannya, serta dapat dipindahkan dengan mudah. Alat ini juga memiliki fitur yang mempermudah untuk menambah dan mengurangi jumlah blade dalam turbin. Alat ini memanfaatkan generator untuk menghasilkan tegangan yang selanjutnya akan di hubungkan dengan buck converter untuk membangkitkan frekuensi dan memberikan efek switching sehingga ketika mengisi accumulator akan cepat terisi. Kemudian untuk mengubah agar dapat digunakan oleh perumahan digunakan inverter. Dengan adanya gagasan ini diharapkan dapat meningkatkan rasio elektrifikasi daerah-daerah terpencil yang memiliki ketinggian yang berbeda.

**Kata Kunci** : Rasio Elektrifikasi, Inverter, Buck Converter dan Vertical Axis Wind Turbin.

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Berdasarkan data pada peta tahun 2011 Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, daerah yang memiliki rasio kelistrikan nasional paling kecil adalah daerah Indonesia Timur terutama Nusa Tenggara Timur yaitu sebesar 29.10% pada tahun 2010 sedangkan sampai akhir tahun 2012 Pulau Papua menjadi wilayah dengan rasio elektrifikasi terendah yakni sebesar 35.89% (KESDM 2012). Pada Pulau Jawa, hanya DKI Jakarta yang memiliki rasio kelistrikan 100%, sedangkan rata-rata daerah lainnya di Pulau Jawa sebesar 69.5%. Berdasarkan hal tersebut penulis memberikan solusi berupa pembuatan sistem konversi energi angin. Hal ini dikarenakan pembangkit ini bebas polusi dan sumbernya mudah didapatkan, sehingga sistem konversi ini dapat menjawab masalah lingkungan hidup dan ketersediaan sumber energi.

Namun angin di kawasan wilayah Indonesia mempunyai kecepatan dan arah yang selalu berubah. Menurut Karwono (2008), pada turbin angin poros horisontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya. Teknologi kincir angin secara

umum dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu kincir angin horizontal axis (propeller) dan kincir angin vertical axis (savonius, darrieus, dan tipe H). Konstruksi turbin angin vertical axis tipe H yang dapat memanfaatkan potensi angin dari segala arah, konstruksi sederhana, dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang begitu luas serta menghasilkan koefisien daya yang lebih tinggi merupakan suatu pertimbangan penulis dalam memilih jenis turbin angin ini. Selain itu penulis juga memberikan inovasi baru dengan membuat jenis turbin angin ini menjadi *portable* sehingga mudah dalam pendistribusiannya. Diharapkan dengan adanya alat ini dapat menjawab permasalahan yang ada sehingga Indonesia dapat menjadi terang benderang dan secara otomatis rasio elektrifikasi Indonesia akan naik.

#### **B. Background issue**

Listrik di Nusa Tenggara Timur menjadi barang mewah. Hampir separuh rumah tangga di provinsi itu belum memperoleh akses listrik. Berdasarkan data PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Wilayah Nusa Tenggara Timur, rumah tangga yang sudah mendapat akses listrik di provinsi itu hingga saat

ini baru mencapai 53%, selain itu PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) Area Sumba menyatakan masih kekurangan daya listrik untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang ada di empat kabupaten yaitu Sumba Timur, Sumba Barat, Sumba Tengah dan Sumba Barat Daya. kebanyakan pembangkit listrik yang dimiliki PLN di Sumba menggunakan mesin diesel yang berbahan bakar solar.

Rasio elektrifikasi atau jumlah rumah tangga yang sudah menikmati listrik di NTT masih rendah karena persebaran penduduk yang tidak merata. Misalnya jarak antarkampung bisa mencapai puluhan kilometer. Persebaran penduduk yang tidak merata itu membuat pembangunan transmisi listrik menjadi tidak layak. Potensi alam berupa air, sinar matahari, serta tenaga angin yang sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai energi terbarukan dan sampai dengan saat ini potensi daerah tersebut diminati oleh investor untuk dikembangkan.

Diharapkan pada tahun yang akan datang, Sumba Timur bebas dari energy fosil dan memanfaatkan energi baru terbarukan sebagai sumber energi listrik Dengan banyaknya perbukitan yang ada di daerah Sumba timur maka hal tersebut yang melatar belakangi pemilihan solusi penulis, yaitu dengan membuat sistem konversi energi angin.

Namun dengan letak antar daerah yang jauh maka penulis membuat inovas baru dengan membuat sistem konversi energi *portable* yang memungkinkan dapat dipasang dimana saja sehingga semua daerah dapat menggunakannya.

### C. Keuntungan atau Urgensi dari daerah ketika dialirlistrik.

1. Rasio Elektrifikasi akan meningkat. Hal ini sangat diperlukan mengingat saat ini kemajuan teknologi yang sangat pesat. Sehingga dengan adanya alat ini masyarakat dapat menggunakan teknologi sebanyak mungkin.
2. Membantu PLN setempat.
3. Meningkatnya potensi pariwisata di daerah Sumba, selain dikarenakan sumber daya alam yang menawan, hal ini juga dikarenakan adanya listrik yang tentu saja menjadi hal penting ketika para wisatawan datang. Sehingga, dengan adanya alat ini, para wisatawan tidak perlu kebingungan untuk mencari sumber listrik.

#### PENJABARAN IDE

##### 1. Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal (TASV) adalah jenis turbin dengan rotor yang berotasi pada sumbu vertical. TASV memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan bearing wear yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.

### 2. Daya Energi Angin (P)

Energi yang dimiliki oleh angin dapat diperoleh dari persamaan :

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Dimana:

P = Energi angin (Watt)

$\rho$  = Kerapatan udara (1,2 Kg/m<sup>3</sup>)

A = Area penangkapan angin (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan angin (m/s)

Persamaan di atas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana dianggap energi angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik. Namun kenyataannya tidak seperti itu. Jadi terdapat faktor efisiensi dari mekanik turbin angin dan efisiensi dari generator sendiri. Sehingga daya yang dapat diekstrak menjadi energi angin dapat diketahui dari persamaan (*wind turbines, Al-shemmeri, 2010*) berikut:

$$P = C_p \times \frac{1}{2} \rho \times A \times v^3 \quad (2)$$

Dimana :

P = Energi Angin (Watt)

C<sub>p</sub> = Koefisien Tenaga

### 1. Ratio Gear

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_{teeth_1}}{n_{teeth_2}}$$

(3)

Dimana:

$\omega$  : Frekuensi angular (rpm)

$n_{teeth_1}$ : Banyaknya jumlah gerigi pada pitch.

### 2. Tegangan Generator

$$V = \frac{\omega_1}{\omega_{max}} \times v_{max}$$

(4)

### 3. Daya Generator (Pgenerator)

$$P_{generator} = V \cdot I$$

Dimana :

$P_{generator}$  : Daya generator listrik, (Watt)

$V$  : Tegangan generator listrik, (Volt)

$I$  : Arus listrik, (Ampere)

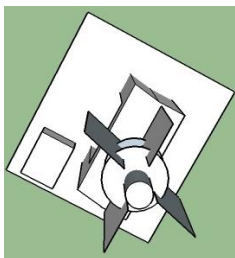
## PENJABARAN TEKNIS

### 1. Tempat dan Pelaksanaan Kegiatan

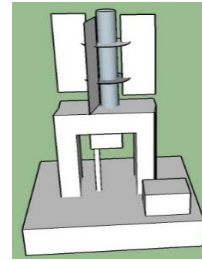
Perancangan dan pelaksanaan ini dilakukan pada bulan Nopember 2017 sampai bulan Januari 2018 di Laboratorium Elektronika Dasar Departemen Teknik Elektro Otomasi Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember . Sedangkan Peralisarian Alat dilakukan pada bulan Desember 2018 di Rumah Penulis pada jalan Lebak Indah Utara V No. 12, Kota Surabaya dengan menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan. Dan untuk tahap akhir akan dilaksanakan pada bulan Januari 2018.

### 2. Gambar Kontruksi Alat

#### 2.1 Gambar Turbin

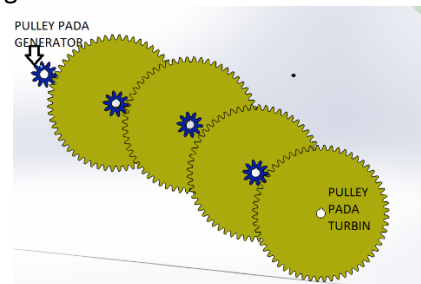


Gambar 1. Turbin Tampak Atas.

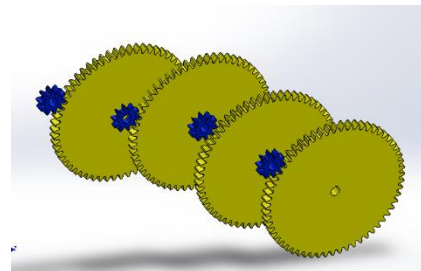


Gambar 2. Turbin Tampak Depan.

2.2. Gambar Sistem Gear Untuk Meningkatkan putaran generator dengan kecepatan angin yang rendah.



Gambar 3. 2D Sistem Gear Pulley Penggerak Generator



Gambar 4. 3D Sistem Gear Pulley Penggerak Generator

### 3. Metode Implementasi

Dalam pengimplementasiannya alat ini memiliki fleksibilitas yang tinggi hal ini dikarenakan alat ini dapat disesuaikan dengan berbagai tempat sehingga alat ini dapat diatur ketinggiannya sesuai kebutuhan kita dan alat ini juga dapat di bongkar-pasang dengan mudah.

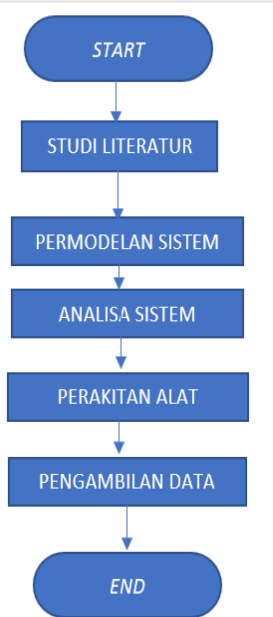
Pada kesempatan ini dalam pengimplementasiannya kami memilih daerah Nusa Tenggara Timur untuk tempat pengimplementasiannya. Hal ini dikarenakan daerah Nusa Tenggara Timur memiliki angka rasio elektrifikasi paling rendah di Indonesia, berdasarkan data pada peta tahun 2011 Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan daerah Nusa Tenggara Timur memiliki rasio kelistrikan sebesar 29,10 % pada tahun 2010. Sedangkan disisi lain potensi di daerah Nusa Tenggara Timur sangat besar terutama dalam bidang industri garam sebagai contoh sampai semester I 2017, luas tambak garam baru mencapai 343,6 hektare tersebar di tujuh kabupaten dengan produksi per tahun mencapai 7,883,52 ton dengan

nilai investasi awal Rp 4,5 miliar dari target Rp 10 miliar.

Sedangkan untuk pengimplementasiannya kami menggunakan metode pengambilan data langsung dengan mencoba alat ini pada daerah yang mendekati kecepatan angin pada daerah Nusa Tenggara Timur yaitu bertempat di Pantai Kenjeran Kota Surabaya. Sehingga dengan ini perbandingan data yang didapatkan tidak begitu jauh dengan kondisi di daerah Nusa Tenggara Timur.

#### 4. Flowchart

##### 4.1 Flowchart Kegiatan



Gambar 5. Flowchart Kegiatan

Keterangan:

1. Start

Kegiatan Dimulai

2. Studi Literatur

Pada kegiatan ini dimulai dengan mencari permasalahan dalam bidang kelistrikan yang ada di Indonesia. Kemudian setelah ditemukan permasalahan yang ada di Indonesia. Selain itu untuk memecahkan permasalahan penulis mencari teori-teori yang berhubungan dengan *Vertical Axis Wind Turbin*, seperti dari jurnal “Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu” (Hasan dkk, 2013), “Analisis Pengaruh Overlap Ratio Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius Menggunakan Perangkat Lunak Fluent 6.3.26” (Halwan, 2014), “Pengaruh Lebar Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe H”

(Abdurrohman, 2017), “Prediction Of The Power Ratio In Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks” (Sargolzaei, 2007) dan “Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah Dan Perubahan Jumlah Sudu” ( Farid , 2014), serta buku buku penunjang seperti “Mesin Konversi Energi” (Pudjanarsa & Nursuhud ,2012).

3. Permodelan Sistem:

Pada tahap ini dilakukan permodelan sistem meliputi desain alat, dan pemilihan hardware. Desain dari alat ini dirancang menggunakan software solidwork dan juga google sketchup. Sehingga didapatkan ukuran dan juga penempatan komponen yang tepat. Sedangkan untuk pemilihan hardware dibagi menjadi komponen mekanik, dan komponen elektronik. Sehingga didapatkan bahan dan alat yang tepat.

4. Analisa Sistem

Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk memprediksi hasil akhir dari alat ini. Yaitu mengenai kecepatan angin, jumlah rasio gear, tegangan dan arus yang dihasilkan.

5. Perakitan Alat

Pada Tahap ini dilakukan pembuatan alat dengan menyatukan semua komponen .

6. Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengujian secara langsung yang akan dilakukan di Pantai Kenjeran Kota Surabaya sehingga didapatkan data sebenarnya. Dan selanjutnya akan dianalisis.

7. End

Kegiatan telah selesai.

#### 5. Kalkulasi Konversi Energi Listrik

##### 5.1. Ratio Gear

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_{teeth_1}}{n_{teeth_2}}$$

Tabel 5.1. Pengaruh Jumlah Pulley Terhadap Pengaruh Kecepatan Motor DC

Jumlah Pulley	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Motor DC (Rpm)
1	1	6
2	1	36
3	1	216
4	1	1296

Tabel 5.2. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Putaran Turbin

Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (Rpm)
1	1
2	4
3	8
4	12

## 5.2. Daya Angin

$$P = \frac{\rho A v^3}{2}$$

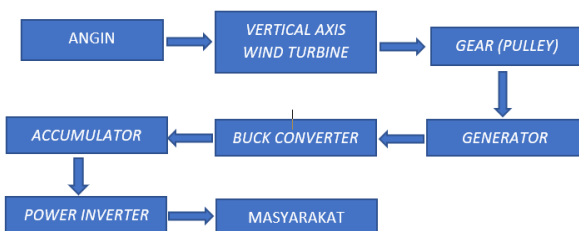
**Tabel 4.3.** Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Intensitas Energi Kinetik Angin.

Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)
6	2751,408
5	1592,25
4	815,232
3	343,926

**Tabel 4.4.** Pengaruh Kecepatan Putaran Motor Dc Terhadap Tegangan Keluaran.

Jumlah Pulley	Putaran Motor DC (Rpm)	Tegangan Keluaran (Volt)
1	6	6
2	36	6,8
3	216	8,7
4	1296	12

## 6. Cara Kerja Alat:



**Gambar 6.** Cara Kerja Alat.

*Vertical Axis Wind Turbine Portable* bekerja dengan memanfaatkan perubahan energi angin menjadi energi kinetik yang memanfaatkan turbin sebagai mediana. Kemudian terjadi perubahan energi mekanik menjadi energi listrik yang disebabkan oleh perputaran turbin yang membuat generator bergerak sehingga terjadi fluk yang mengakibatkan terciptanya energi listrik. Sebelum turbin menggerakkan generator turbin terlebih dahulu

menggerakkan gear yang dipasang untuk membuat perputaran generator menjadi lebih cepat dengan angin yang berkecepatan rendah. Selanjutnya energi listrik yang dihasilkan oleh generator akan di kuatkan oleh *buck converter* sehingga tegangan yang dihasilkan akan teratur selain itu *buck converter* juga membangkitkan frekuensi sehingga sinyal listrik yang dikeluarkan akan berbentuk sinyal pulse yang akan digunakan untuk mengisi *accumulator*. Dengan menggunakan sinyal pulse maka akan mengakibatkan pengisian *accumulator* menjadi lebih cepat. Selanjutnya ketika daya sudah disimpan dalam *accumulator* maka akan di ubah dari listrik DC menjadi AC dengan *power inverter* sehingga listrik dapat digunakan oleh masyarakat seperti listrik dari PLN.

## PENJABARAN EKONOMI

### • Pengaruh Terhadap Pendapatan Daerah.

Sumba memiliki berbagai macam potensi daerah wisata sehingga dengan adanya alat ini kebutuhan listrik pada daerah wisata dapat terpenuhi sehingga wisatawan tidak perlu khawatir lagi. Sehingga hal ini dapat meningkatkan jumlah wisatawan sehingga meningkatkan pendapatan daerah.

- Pengaruh Terhadap Perkonomian Masyarakat.
- Pengaruh Terhadap Industri Daerah Setempat.

## KESIMPULAN

1. Alat ini dapat menghasilkan putaran generator yang tinggi hanya dengan kecepatan angin yang rendah.
2. Alat ini dapat digunakan secara *portable* dengan adanya fitur yang dapat mengatur ketinggian dari alat ini.
3. Alat ini dapat menjadi solusi permasalahan yang ada dan dapat meningkatkan rasio elektrifikasi jika dibangun dalam jumlah yang banyak

## REFERENSI

- Analisis Pengaruh Overlap Ratio Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius Menggunakan Perangkat Lunak Fluent 6.3.26
- Hasan D. S., Hantoro R., And Nugroho G, "Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu" JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print), July 2013.
- Mesin Konversi Energi.
- Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah Dan Perubahan Jumlah Sudu
- Pengaruh Lebar Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe H.
- Prediction Of The Power Ratio In Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks

## LAMPIRAN



**Gambar 7.** Paralon Yang Akan digunakan Untuk Blade



**Gambar 8.** Pleg Sepeda dan tiang penyangga 1 Meter Untuk Turbin



**Gambar 9.** Besi Tiang Penyangga Yang akan digabung dengan tiang penyangga yang menghubungkan dengan turbin.