



Rancang Bangun Portable Vawt Menggunakan Blade Tipe Helix Dengan Modifikasi Sudut Pitch Dan Diameter Sudut

Shelly Trigun F A¹, Basuki Winarno^{1*}, Nur Asyik Hidayatullah²

¹Politeknik Negeri Madiun, ²The University of Nottingham

*Email Penulis: basuki@pnm.ac.id

(Artikel diterima: April 2023, direvisi: Mei 2023)

ABSTRAK

Salah satu masalah utama dalam dunia yang bergerak cepat ini adalah untuk memenuhi permintaan energi dengan cara yang paling ekonomis dan ramah lingkungan. Tugas Akhir ini bekerja pada Vertical-axis wind turbines (VAWT) yang memberikan solusi yang relatif murah sebagai alternatif energi terbarukan. Kincir angin berputar dengan angin yang cukup akan menghasilkan listrik karena dengan adanya generator. Pada tugas akhir ini dirancang Portable Wind Turbine yang menggunakan blade jenis helix. Portable Wind Turbine terdiri dari turbin angin jenis helix, dinamo dc, dan baterai. Pada alat ini memodifikasi sudut pitch dan diameter sudu yang dilakukan melalui simulasi. Hasil perancangan berupa prototype yang memiliki blade dengan diameter 6 cm, 12 cm, 18 cm, dan 24 cm. Pengujian prototype dilakukan dengan membandingkan semua ukuran blade menggunakan variasi kecepatan angin buatan. Diameter sudu sebesar 18 cm menghasilkan output yang paling baik jika dibandingkan dengan ukuran blade yang lainnya. Tegangan maksimal yang dihasilkan dengan kecepatan angin 6 m/s sebesar 4,19 V dan arus 0,04 Ampere.

Kata kunci: Energi Listrik, VAWT, Helix, Sudut Pitch, Diameter Sudut

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer yang diperlukan manusia dalam berkehidupan bermasyarakat. Jumlah populasi di Indonesia yang besar membuat kapasitas energi listrik yang diperlukan juga besar. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) merilis Keputusan Menteri ESDM Nomor 143K/20/MEM/2019 tentang Rencana Umum

Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2038. Dalam keputusan itu, ESDM menyatakan bahwa rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional sekitar 6,9 persen per tahun.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil, hal tersebut mengakibatkan pemerintah mendorong upaya penelitian untuk menghasilkan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang cocok di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).

Pada umumnya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu menggunakan tower dan ukuran turbin yang besar dengan harapan dapat menghasilkan energi listrik yang cukup besar pula. Tetapi pada perancangan PLTB ini berbeda, karena bersifat portable. Konsep utama dari PLTB ini adalah pembangkit yang efisien dan ringkas namun tetap dapat

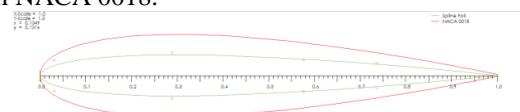
menghasilkan energi listrik untuk beban tertentu. Dengan konsep tersebut maka pembangkit ini akan berukuran lebih kecil dibandingkan dengan PLTB pada umumnya, sehingga tetap dapat menghasilkan listrik walaupun dengan kecepatan angin yang rendah. Jenis tipe blade yang digunakan adalah tipe Helix dengan sudut pitch tertentu. Sudut pitch pada sebuah blade sangat berpengaruh dengan daya outputan yang dihasilkan, oleh karena itu ketelitian sudut pitch harus diperhatikan.

II. METODOLOGI

A. Geometri Blade atau Bilah

1. Airfoil

Airfoil yang digunakan dalam pembuatan bilah adalah airfoil NACA 0018.



Gambar 1. Blade dengan NACA 0018

2. Daya listrik

Dalam membuat turbin angin perlu memperhitungkan berapa daya listrik (P) yang diinginkan.

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot A \omega \cdot V^3$$

- P = Dayamekanik (Watt)
- ρ = Massa Jenis Udara (kg/m³)
- $A\omega$ = Luas Sapuan Rotor
- V = Kecepatan Angin (m/s)

Kemudian daya mekanik diubah menjadi daya listrik dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P = \omega \cdot T$$

- ω = Putaran (rpm)
- T = Waktu (m)

3. Tip Speed Rasio

Tip Speed Rasio(λ) terkait erat dengan koefisien daya, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\lambda = R\omega/V$$

- λ = Tip Speed Rasio
- R= Radius (m)
- ω = Putaran (rpm)
- V= Kecepatan angin (m/d)

4. Area sapuan rotor ($A\omega$)

Area sapuan rotor ($A\omega$) ditentukan oleh radius dan tinggi turbin angin.

$$A\omega = 2RH$$

- R=Radius
- H=Tinggi Turbin

5. Aspect Ratio (AR)

Daerah yang tersapu angin harus mempertimbangkan ketinggian rotor (H) dan rasio aspek ke jari-jari (R)..

$$AR = H/2R$$

6. Soliditas (σ)

Soliditas (σ) adalah variabel penting yang menentukan kinerja turbin angin. Chord merupakan ukuran untuk lebar dari bilah (diameter bilah)..

$$\sigma = NB/D$$

- NB = Jumlah Blade
- D = Diameter atau chord

Tabel 1. Geometri Blade Helix Pada Ms. Excel

GEOMETRI BLADE HELIX								
P	Rho	V	$A\omega$	R	H	AR	Soliditas	Chord
10	1,2	3	0,61	0,3	1,02	1,71	1,59	1,88
20	1,2	3	1,23	0,3	2,05	3,42	1,59	1,88
30	1,2	3	1,85	0,3	3,08	5,14	1,59	1,88

Berdasarkan hasil pendataan pada Ms. Excel berupa rancangan geometri bilah untuk menentukan parameter sebagai nilai input pada perangkat lunak Qblade diatas maka

geometri blade yang digunakan oleh penulis ada pada pada tabel 2.

Tabel 2. Geometri Blade Helix yang Digunakan

Kapasitas Daya Listrik	10 Watt
Vmax	4 m/s
Luas Sapuan Rotor	1,2 m ²
Radius	10 cm
Tinggi Bilah	35 cm
Diameter/Chord	6 cm

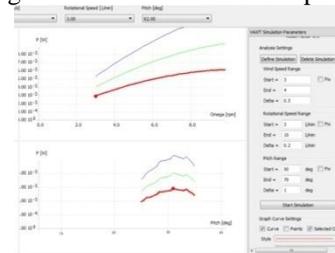
III. HASIL DAN ANALISA

A. Simulasi

Pada metode simulasi alat ini merupakan metode yang mensimulasikan modifikasi sudut pitch dan diameter sudu menggunakan software Qblade.

a) Modifikasi Sudut Pitch

Pada simulasi ini, dengan konfigurasi dan geometri tertentu, rotor diharapkan mampu menghasilkan daya sesuai rancangan dengan memvariasi nilai sudut pitch.



Gambar 2. Sudut Pitch 32,5o

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, didapat sudut pitch optimal yakni pada sudut 32,50. Berikut merupakan grafik hasil simulasi sudut pitch pada software Qblade.



Gambar 3. Grafik Sudut Pitch

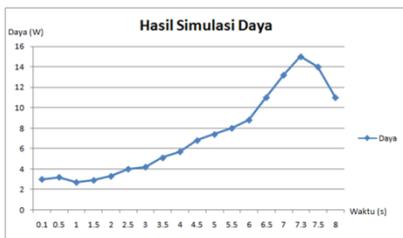
b) Modifikasi Diameter Sudu

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, daya maksimum ditunjukkan pada diameter sudu dengan ukuran 6 cm. Berikut merupakan hasil simulasi portable wind turbine dengan diameter sudu 6 cm.



Gambar 4. Diameter Sudu 6 cm

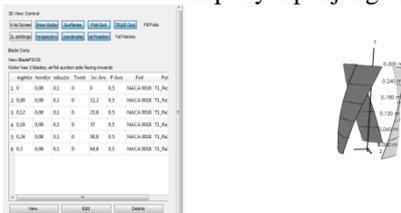
Untuk mengetahui daya paling optimal yang dihasilkan oleh portable wind turbine ini, maka dilakukan pengamatan secara real time. Berikut merupakan grafik hasil pengamatan daya yang dihasilkan.



Gambar 5. Grafik Simulasi Daya

c) *Desain Blade*

Pada pembuatan tugas akhir ini, jumlah blade yang digunakan sejumlah 3 buah dengan jenis bilah Helix. Pada percobaan simulasi blade mempunyai panjang 35 cm.



Gambar 6. Desain blade Helix

Untuk mendesain rancang bangun menggunakan software SolidWorks. Desain rancang bangun yang telah direncanakan memiliki bentuk dan ukuran yang digunakan untuk memudahkan dalam pembuatan bilah. Pada gambar 3.8 merupakan desain rancang bangun portable wind turbine dengan blade helix melalui software SolidWorks.



Gambar 7. Desain Keseluruhan Alat

d) *Hasil Pengujian*

Komponen yang terpasang pada keseluruhan alat adalah turbin, dinamo, modul step up, modul power bank dan

baterai. Semua komponen tersusun seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 8. Alat Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian output dari generator dengan menggunakan blade berukuran 35 cm dan diameter 6 cm menghasilkan tegangan output yang kurang maksimal, sehingga tidak memungkinkan jika masuk ke beban. Maka dari itu berdasarkan hasil bimbingan dengan dosen pembimbing, penulis melebarkan diameter blade dengan bahan plastik. Blade dari bahan plastik tersebut ditempelkan pada blade 3D printing. Ukuran diameter blade bahan plastik yakni kelipatan 2, 3, dan 4 dari blade 3D.

Berikut merupakan hasil uji coba VAWT blade berukuran 6 cm, 12 cm, 18 cm, 24 cm dengan beban.

a. Turbin dengan Diameter 6 cm

Pengujian turbin dengan panjang 8 cm menggunakan alat bantu kipas angin dengan batas kecepatan angin diatas 4 m/s.

Tabel 3. Hasil Pengujian Turbin 6 cm dengan Beban

Kec. Angin (m/s)	RPM	Tegangan (V)	Arus (Ampere)	Ket
4,1 m/s	34	0,2 V	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai
5,4 m/s	54	0,33 V	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai
6 m/s	77	0,38 V	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai

Pada pengujian keseluruhan sistem alat ini diketahui pada kecepatan angin rendah maupun tinggi alat tidak bekerja dan tidak dapat mengisi baterai. Hal tersebut dikarenakan tegangan input yang bersumber dari generator tidak bisa melewati batas bawah tegangan input pada modul step up. Sehingga tidak bisa membangkitkan tegangan dan tidak berhasil mengisi baterai.

b. Turbin dengan Diameter 12 cm

Pengujian turbin dengan panjang 12 cm menggunakan alat bantu kipas angin dengan batas kecepatan angin diatas 4 m/s.

Tabel 4. Hasil Pengujian Turbin 12 cm dengan Beban

Kec. Angin (m/s)	RPM	Tegangan (V)	Arus (Ampere)	Ket
4,1 m/s	56	0,38 V	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai
5,4 m/s	91	0,47 V	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai
6 m/s	138	0,73 V	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai

Pada tabel 4 dapat diketahui hasil akhir dari sistem kerja alat dengan diameter turbin 6 cm. Pada pengujian keseluruhan sistem alat ini diketahui pada kecepatan angin rendah maupun tinggi alat tidak bekerja dan tidak dapat mengisi baterai. Hal tersebut dikarenakan tegangan input yang bersumber dari generator tidak bisa melewati batas bawah tegangan input pada modul step up. Sehingga tidak bisa membangkitkan tegangan dan tidak berhasil mengisi baterai.

c. Turbin dengan Diameter 18 cm

Pengujian turbin dengan panjang 18 cm menggunakan alat bantu kipas angin dengan batas kecepatan angin lebih dari 4 m/s. Berikut tabel data hasil pengujian keseluruhan sistem alat dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Turbin 18 cm dengan Beban

Kec. Angin (m/s)	RPM	Tegangan (V)	Arus (Ampere)	Ket
4,1 m/s	92	0,92	Tidak Terbaca	Tidak Mengisi Baterai
5,4 m/s	155	4,16	0,01	Mengisi baterai
6 m/s	183	4,19	0,04	Mengisi Baterai

Ketika kecepatan angin pada 5,4 m/s dengan kecepatan putaran turbin 155 RPM dan tegangan yang dihasilkan pada output modul step up 4,16 V mampu mengisi baterai tetapi hanya sekitar 10 detik setelah itu proses charging terputus. Arus yang dihasilkan pada beban yakni 0,11 A. Pada saat kecepatan angin tinggi yakni pada 6 m/s dengan kecepatan putaran turbin 183 RPM dan tegangan yang dihasilkan pada output modul step up 4,12 V mampu mengisi baterai sekitar 30 detik, setelah itu proses charging terputus, selang beberapa detik kemudian proses charging kembali bekerja dan begitu seterusnya. Arus yang dihasilkan pada beban yakni 0,04 A.

d. Turbin dengan Diameter 24 cm

Pengujian turbin dengan panjang 24 cm menggunakan alat bantu kipas angin dengan batas kecepatan angin diatas 4 m/s. Berikut tabel data hasil pengujian keseluruhan sistem alat dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Pengujian Turbin 24 cm dengan Beban

Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Tegangan (V)	Arus (Ampere)	Keterangan
4,1 m/s	87	0,56	Tidak terbaca	Tidak Mengisi Baterai
5,4 m/s	130	0,8	Tidak Terbaca	Tidak Mengisi Baterai
6 m/s	163	3,9	0,01	Mengisi Baterai

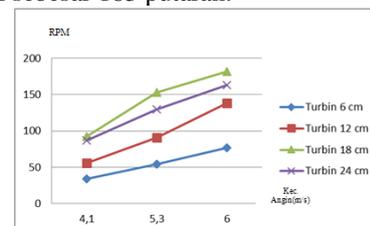
Pada pengujian keseluruhan sistem alat ini diketahui pada kecepatan 4,1 m/s dan 5,4 m/s tegangan yang dihasilkan tidak bisa melewati tegangan batas bawah pada modul step up, sehingga tidak bisa mengisi baterai. Sedangkan pada kecepatan 6 m/s dengan kecepatan putaran turbin 163 RPM mampu mengisi baterai, tetapi hanya mengisi selama 3 detik, setelah itu proses charging terputus.

B. Analisis Hasil Pengujian Tanpa Beban

Pada perbandingan data menggunakan pengaturan kecepatan angin. Untuk perbandingan hasil pengujian yaitu dengan membandingkan kecepatan angin dengan putaran turbin dan putaran turbin dengan tegangan yang dihasilkan. Sehingga muncul grafik seperti dibawah :

a. Kecepatan Angin dengan Putaran Turbin

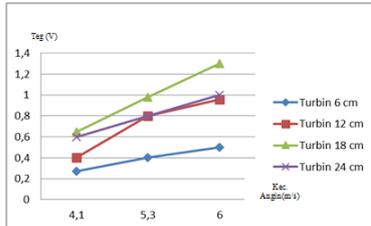
Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka hasil putaran turbin juga semakin tinggi dengan kecepatan angin yang berbeda pada nilai 4 m/s sampai 6 m/s. Pada kecepatan angin diatas 4m/s RPM tertinggi dimiliki oleh turbin diameter 18cm yakni sebesar 183 putaran. Begitu pula pada kecepatan angin 6m/s hasil putaran tertinggi juga dimiliki oleh turbin diameter 18 cm dengan hasil sebesar 183 putaran.



Gambar 9. Grafik Kecepatan Angin dengan Putaran Turbin

b. Kecepatan dengan Tegangan

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran turbin juga semakin tinggi maka tegangan yang dihasilkan juga semakin tinggi. Pada nilai putaran turbin rendah tegangan yang dihasilkan juga rendah. Begitu pula ketika putaran turbin tinggi tegangan yang dihasilkan juga tinggi.



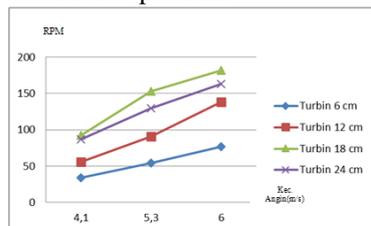
Gambar 10. Grafik Kecepatan Angin dengan Tegangan

C. Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengujian

Pada perbandingan data menggunakan pengaturan kecepatan angin. Untuk perbandingan hasil pengujian yaitu dengan membandingkan kecepatan angin dengan putaran turbin dan putaran turbin dengan tegangan yang dihasilkan. Sehingga muncul grafik seperti dibawah :

a. Kecepatan Angin dengan Putaran Turbin

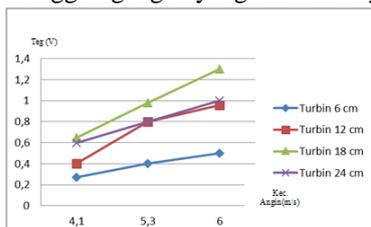
Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka hasil putaran turbin juga semakin tinggi dengan kecepatan angin yang berbeda pada nilai 4 m/s sampai 6 m/s. Pada kecepatan angin diatas 4m/s RPM tertinggi dimiliki oleh turbin diameter 18cm yakni sebesar 183 putaran. Begitu pula pada kecepatan angin 6m/s hasil putaran tertinggi juga dimiliki oleh turbin diameter 18 cm dengan hasil sebesar 183 putaran.



Gambar 9. Grafik Kecepatan Angin dengan Putaran Turbin

b. Kecepatan dengan Tegangan

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran turbin juga semakin tinggi maka tegangan yang dihasilkan juga semakin tinggi. Pada nilai putaran turbin rendah tegangan yang dihasilkan juga rendah. Begitu pula ketika putaran turbin tinggi tegangan yang dihasilkan juga tinggi.



Gambar 10. Grafik Kecepatan Angin dengan Tegangan

D. Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Pengujian

Pada hasil simulasi yang telah dilakukan sebelumnya pada software Q-balde daya yang dihasilkan yaitu sebesar 15 W. Pengujian simulasi dilakukan dengan meninput besar nilai RPM dan kecepatan angin. Penulis meninput nilai RPM sebesar 500 putaran dan kecepatan angin 3/m.

Berdasarkan hasil simulasi diatas, pada hasil pengujian terdapat selisih atau eror yang cukup besar. Pada hasil pengujian dengan kecepatan angin 4 m/s besar RPM hanya 92 putaran, sedangkan pada kecepatan angin 6 m/s RPM yang dihasilkan hanya 183 putaran. Daya maksimum yang dihasilkan sebesar 4 W. Dari data diatas dapat dihitung nilai erornya. Berikut merupakan besar nilai eror yang dihasilkan dari alat ini.

$$\text{Eror} = \frac{(\text{Selisih Hasil Simulasi \& Pengujian})}{(\text{Hasil Simulasi})} \times 100\%$$

$$\text{Eror} = \frac{(11)}{15} \times 100\%$$

$$= 73,3\%$$

IV. KESIMPULAN

Turbin angin dengan jenis helix merupakan turbin yang didesain dengan tujuan agar turbin mampu berputar pada kecepatan angin skala rendah. Seluruh ukuran blade mampu berputar diatas kecepatan 4 m/s, tetapi setiap blade memiliki jeda waktu yang berbeda-beda untuk mulai berputar. Pada diameter 6 cm membutuhkan jeda waktu 2-5 detik untuk mulai berputar. Sedangkan pada diameter 12 cm membutuhkan waktu 2 detik untuk mulai berputar. Berbeda dengan turbin diameter 18 cm dan 24 cm, keduanya dapat langsung berputar pada detik pertama. Kecepatan angin juga berpengaruh pada Rpm yang dihasilkan pada masing – masing blade. Untuk kecepatan angin minimal dan kecepatan angin maksimal turbin terbaik yang menghasilkan Rpm tinggi adalah turbin dengan diameter 3x simulasi (18 cm).

Dari hasil diatas Tegangan yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh kecepatan putaran turbin sehingga dinamo dapat menghasilkan tegangan pada kecepatan putaran turbin yang berbeda. Tegangan terbaik dari berbagai ukuran diameter dimiliki oleh turbin dengan diameter 3x simulasi (18 cm). Pada kecepatan angin rendah tegangan yang dihasilkan 0,92V, sedangkan pada kecepatan angin sedang tegangan yang dihasilkan 4,16V. Ketika kecepatan angin tinggi tegangan yang dihasilkan 4,19V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angkasa, Tauqit. 2016. "Rancang Bangun Turbin Helixs Vertikal Dengan Variasi Jumlah Blade Pada Vawt". Politeknik Negeri Madiun
- [2] Aryanto, Firman dan I Made Mare Made Nuarsa. 2013. "Pengaruh Kecepatan Angin dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbine Angin Poros Horizontal". Dinamika Teknik Mesin Volume 3 No.1
- [3] Cahyo, Yunika Prastiko. 2016. "Uji Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 0018 Modifikasi Dengan Variasi Sudut Pitch 350,400,450,500,550,600". Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [4] Han Dowon, Young Gun Heo dan Kyung Chun Kim. 2018. "Design, Fabrication, and Performance Test of a 100-W Helical-Blade Vertical-Axis Wind Turbine at Low Tip-Speed Ratio". Pusan National University
- [5] Ismail Nakhoda, Yusuf dan Choirul Saleh. 2015. "Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Listrik Portabel". Institut Teknologi Nasional Malang
- [6] Lestariningsiyas, Dwi. 2019. "Rancang Bangun Portable Wind Turbine Dengan Blade Jenis Inverse Taper". Politeknik Negeri Madiun