

RANCANG BANGUN DAN ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MINI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN (BLADE TAPERLESS BERBAHAN KAYU)

Novy Arisandi¹, Johny Custer, ST., MT², Muharnis, ST., MT³

¹Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis, ^{1,2}Pengajar Politeknik Negeri Bengkalis
Jl. Bathin Alam, 28712, Bengkalis, Riau, Indonesia

Novyarisandi97@gmail.com¹, johnycuster@polbeng.ac.id², muharnis@polbeng.ac.id³

Abstract

Research on design and analysis of mini wind power plants as learning media (wooden taperless blades). The purpose of this research is to design and make prototypes of horizontal wind turbines as learning media. The blade design is done using the Qblade v0.97 application to determine the ideal type of airfoil, namely Naca 4412 with a width of 7 cm, length of 40 cm, and thickness of 1.3 cm. Solidwork application to get the technical drawing mall. In testing natural winds, the maximum value of wind speed is 8.9 m / s, producing an electric voltage of 19.7 V, currents of 0.9 A and 2882 rpm at 11.55 hours, wind power of 1025.15 W, generator power of 17.7 W In natural wind testing, the average value of wind speed 6.1 m / s can produce 15 V electric voltage, current 0.5 A, rotation 1612 rpm, wind power 1029.04 W, generator power 7.5 W. In artificial wind testing the maximum value of 6.8 m / s wind speed produces an electric voltage of 24.7 V, currents 0.37 A and 1479 rpm with a distance of 70 cm, wind power 1027.83 W and generator power 9.14 W. artificial wind testing the average value of wind speed 5.1 m / s produces an electrical voltage of 14.7 V, current 0.22 A and 1632 rpm, wind power can be 1029.33 W and generator power 3.23 W.

Keywords: Wind Turbines, Blades and Wood

1. PENDAHULUAN

Komisi listrik di indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Konsumsi listrik indonesia yang begitu besar menjadi masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan, untuk mengatasi pemenuhan kebutuhan listrik diperlukan sebuah sumber energi baru terbarukan yang mampu memenuhi kebutuhan listrik nasional yang semakin besar. Angin sebagai sumber energi yang tiada habisnya, sehingga pemanfaatan sistem perubahan energi angin berdampak positif terhadap lingkungan. Penelitian pengembangan media pembelajaran sering dilakukan dalam upaya mencari solusi alternatif permasalahan dalam proses belajar mengajar, dapat membangkitkan keinginan dan minat yang baru kepada mahasiswa. Kegiatan pembelajaran yang memberikan pengaruh positif terhadap wawasan mahasiswa. Selain itu, karena keterbatasan sarana dan prasarana praktikum di kampus, pembuatan *prototype* turbin angin ini sangat membantu mahasiswa pada materi yang diajarkan dosen dan instruktur. Bantuan media *prototype* ini juga dapat memperluas kreatifitas mahasiswa untuk lebih berinovasi mengembangkan pemanfaatan energi baru terbarukan dari energi angin.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sumiati dan Aidil (2013), menjelaskan bahwa pembuatan *prototype* turbin angin dengan *type* vertikal dengan jumlah *blade* 2 dan 4, dan untuk memutar *blade* menggunakan angin

buatan (kipas angin). Pembuatan *prototype* ini sebagai media pembelajaran untuk konsep sistem tenaga angin.

Firman, dkk (2013), menjelaskan bahwa turbin angin poros horizontal menggunakan blade berjumlah banyak untuk mendapatkan koefisien daya (C_p) yang maksimal dalam meningkatkan efisiensinya. Pengujian dilakukan dengan sumber angin berasal dari kipas angin dengan *Wind Tunnel* untuk mengarahkan angin. Kecepatan angin yang digunakan terdapat tiga variasi yaitu 3m/s, 3.5m/s, 4m/s, serta variasi jumlah *blade* yaitu 3,4,5, dan 6 *blade*.

Dahlan (2016), menjelaskan bahwa dalam penelitian ini pada airfoil NACA 4412 lebih baik dari pada NACA 4415, airfoil NACA 4412 jenis taperless lebih baik dari pada jenis taper pada simulasi pengujian C_p -TSR untuk TSR 7 taperless bernilai C_p 52% dan taper bernilai C_p 50%. Sementara itu hasil simulasi daya-kecepatan angin dengan kecepatan angin 12 m/s taperless memiliki daya 1549,88 W dan taper memiliki daya 1235,31 W. Pada penelitian ini *blade* dibuat dengan desain *blade* jenis taperless airfoil NACA 4412 berbahan kayu Mahoni dan Pinus. Hasil pengujian untuk kayu mahoni menunjukkan keretakan pada salah satu *blade*, sedangkan untuk kayu pinus tidak terjadi keretakan pada semua *blade*.

Hilmansyah, dkk (2017), menjelaskan bahwa dalam penelitian ini dilakukan simulasi dan analisa hasil pengendalian *wind turbine induction generator*. Pengendalian dilakukan menggunakan kendali PI (*Proportional Integral*). Didapatkan nilai optimal pada $k_p = 10$ dan $k_i = 30$ pada kecepatan angin 12 m/s dengan *settling time* 3 secon.

a. Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi angin ini sendiri merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara dengan luas penampang cakupan dari turbin angin dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya. (Zahra LBN, 2016)

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots (1)$$

$$A = \frac{2Pa}{\rho v^2} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- Pa : Daya angin (watt)
- ρ : Massa jenis udara (1.222 kg/m³)
- A : Luas sapuan *blade* (m²)
- V : Kecepatan angin (m/s)
- P_{as} : Daya angin simulasi (watt)

Energi kinetik untuk suatu massa angin yang bergerak dengan kecepatan yang nantinya akan diubah menjadi poros dapat dirumuskan sebagai berikut. (Sumiati dan Zamri, 2013)

$$E = \frac{1}{2} \rho v^2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- E : Energi kinetik (watt)
- ρ : Massa jenis udara (1,222 kg/m³)
- v : Kecepatan angin (m/s)

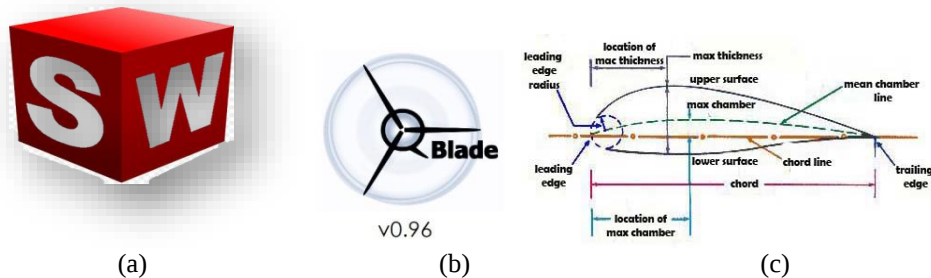
Turbin angin yang digunakan pada penelitian ini yaitu turbin angin horizontal, yang mana turbin angin horizontal ini mempunyai poros yang sejajar dengan tanah dan arah poros utama sesuai dengan arah datangnya angin. Turbin angin terdiri dari sebuah menara dan kincir yang berada pada puncak menara tersebut. Poros kincir dapat berputar 360 derajat terhadap sumbu vertikal untuk menyesuaikan arah angin.



Gambar 1 Tipe Turbin Angin Horizontal

b. Perancangan *Blade*

Dalam perancangan *blade* menggunakan *software*, yaitu *software* qblade dan *software* solidwork. *Software* Qblade yaitu mengetahui karakteristik turbin angin yang telah dirancang dalam bentuk grafik. Qblade menyediakan beberapa fitur yaitu perancangan airfoil dan analisa airfoil yang berbentuk grafik, sedangkan *software* solidwork untuk mendapatkan gambar teknik, sehingga mempermudah dalam proses pengerjaan (manual *manufacturing*). Airfoil adalah bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk memberikan gaya angkat tertentu suatu bodi lainnya. (Dahlan, 2016)



Gambar 2. (a) *Software* Solidwork, (b) *Software* Qblade, (c) Bagian-Bagian Airfoil

Bentuk penampang airfoil telah distandarkan oleh NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*). Tipe standar yang banyak digunakan untuk *propeler* kincir angin NACA 4412 bentuk penampang *propeler* airfoil dapat beragam pada tiap titik penampang. Tanda-tanda airfoil yang dikeluarkan oleh NACA (*National Advisory Committee for Aconautics*) adalah angka-angka yang menunjukkan sekaligus data-data airfoil. Arti dari angka-angka yang menyertai airfoil dijelaskan sebagai berikut. (Zahra LBN, 2016)

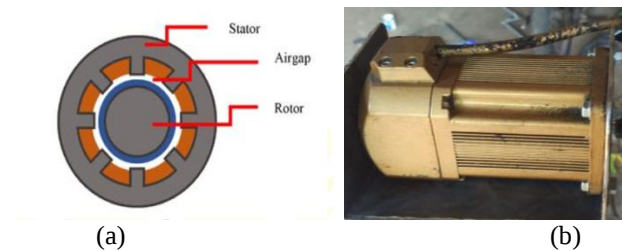
airfoil dengan NACA 4412 (Seri empat angka) memiliki camber maksimum $0,04c$ terletak di $0,4c$ dari *leading edge*, dan *maximum thickness* atau tebal maksimum $0,12c$. Umumnya angka-angka ini dinyatakan dalam persen tali busur, yaitu : camber 4% di 40% c dengan tebal 12%, dengan catatan bahwa c adalah panjang tali busur.

c. *Blade*

Blade (Bilah) turbin angin merupakan perangkat keras utama yang terpenting pada turbin angin dan berfungsi untuk mengkonversikan sebagian tenaga angin menjadi tenaga mekanik, (Zahra LBN, 2016). Bahan *blade* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu memakai jenis bahan kayu. Kayu sebagai hasil hutan sekaligus hasil sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu dapat didefinisikan sebagai suatu bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, sebagai bagian dari suatu pohon. (Dahlan, 2016)

d. Generator

Generator adalah bagian penting dalam sebuah sistem turbin angin. Prinsip kerja generator arus bolak-balik menggunakan hukum faraday yang menyatakan apabila suatu kumparan atau belitan kawat dan kemudian ada magnet yang digerakkan atau sebaliknya maka akan timbul fluks magnet yang mengalir pada kumparan tersebut yang diakibatkan oleh GGL induksi, aliran fluks magnet yang mengalir pada kumparan kita disebut sebagai aliran arus, sedangkan GGL induksi yang berubah-ubah pada ujung-ujung kumparan sebagai beda potensial atau tegangan. Berdasarkan gaya gerak listrik atau tegangan yang menimbulkan arus listrik sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang melalui kumparan. (Herudin dan Prasetyo, 2016)



Gambar 3. (a) Bagian-Bagian Generator, (b) Generator Ac

Untuk menentukan nilai daya, arus dan tegangan yang diperoleh menggunakan generator, menggunakan rumus persamaan berikut. (Sumiati dan Zamri, 2013)

$$P = V \times I \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- P :Daya (watt)
- V :Tegangan (volt)
- I :Arus (ampere)

Efisiensi turbin daya generator dibagi daya angin, dapat diperoleh persamaan :

$$\eta = \frac{P_g}{P_A} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

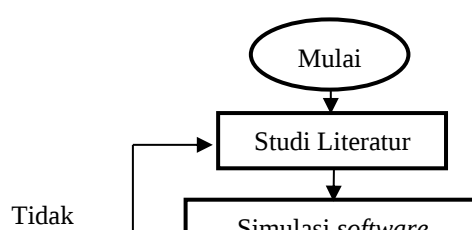
Keterangan :

- η : Efisiensi turbin (%)
- P_g : Daya generator (watt)
- P_A : Daya angin (watt)

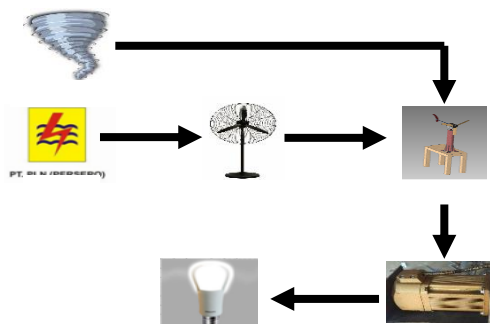
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui unjuk kerja turbin angin horizontal, dan variasi kecepatan angin dengan daya output yang dihasilkan. Tempat pembuatan *prototype* turbin angin pembangkit listrik dilaksanakan di bengkel mekanik terdekat, dan untuk pengujian dilakukan di dua angin, yaitu angin buatan dan angin alami.

Cara kerja turbin angin 200 watt berbahan kayu sebagai media pembelajaran, dari mulai pendesainan dan simulasi di *software* jika sudah berhasil akan dicetak mal nya untuk melanjutkan ke pembuatan *blade*, dilanjutkan dengan melakukan pengujian dan pengambilan data untuk di analisa.



Gambar 4. Flowchart Sistem Kerja



Gambar 5. Rancangan *Hardware*

Sumber listrik PLN memberikan daya 220 volt kepada kipas *blower*, agar kipas *blower* berputar untuk menghasilkan angin buatan, yang memutar kincir angin, setelah kincir berputar maka generator akan beroperasi untuk menghasilkan daya atau menhidupkan lampu. Begitu juga, peneliti menggunakan angin alami untuk memutar kincir, Setelah kincir angin berputar, maka generator berputar yang secara langsung di searahkan oleh *rectifier* untuk menghasilkan daya Dc, dan daya tersebut akan disalurkan ke beban/lampu.

a. Rancangan *Software*

Ada beberapa perbandingan airfoil NACA dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini sebagai berikut.

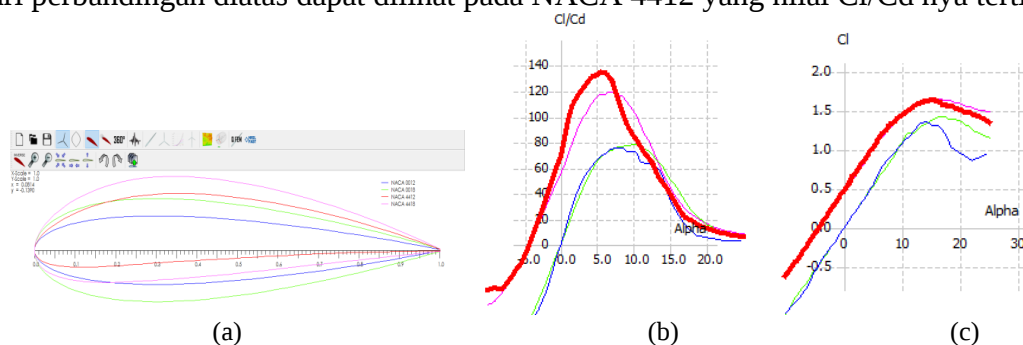
Tabel 1. Hasil Simulasi Perbandingan Airfoil NACA

Airfoil	Nilai Alfa	Cl/Cd	Cl
Naca 4412	6	133,6	1,63
Naca 4418	6,5	119,3	1,64
Naca 0012	7,5	76	1,35
Naca 0018	10,5	78,4	1,42

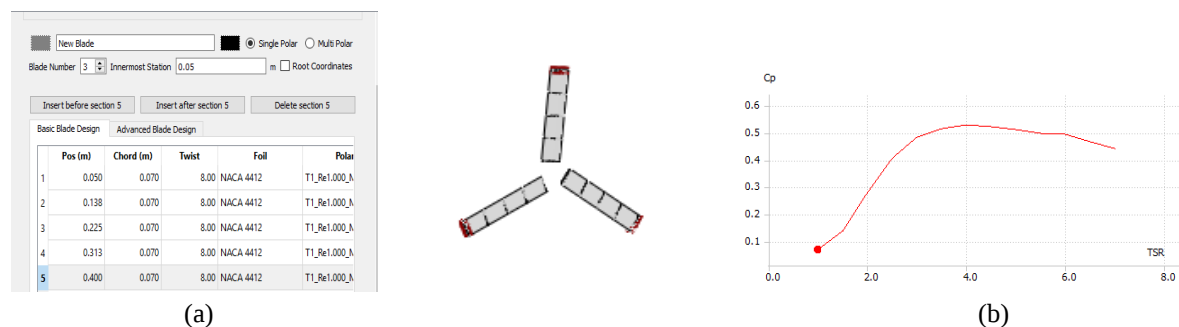
Tabel 2. Parameter-parameter *Blade*

Parameter	Nilai	Satuan
Target Daya Listrik (P)	200	Watt
Jenis <i>Blade</i>	Taperless	-
Jumlah <i>Blade</i>	3	Buah
Jenis <i>Airfoil</i>	NACA 4412	-
Lebar <i>Blade</i> (<i>chord</i>)	0.07	m
Panjang <i>Blade</i>	0.4	m
Sudut Puntiran (<i>Twist</i>)	8	Derajat
<i>Wind Speed Max</i>	12	m/s
TSR	7	-

Dari perbandingan diatas dapat dilihat pada NACA 4412 yang nilai Cl/Cd nya tertinggi.

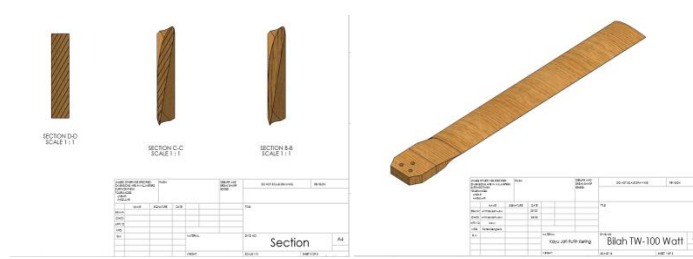


Gambar 6. (a) Tampilan Fisik Airfoil NACA, (b) Grafik Cl/Cd Terhadap Alfa, (c) Grafik Cl Terhadap Alfa



Gambar 7. (a) Simulasi Qblade NACA 4412, (b) Grafik Performansi *Blade*

Mendesain mal airfoil menggunakan bantuan *software* solidwork untuk mendapatkan gambar kerja digunakan dalam manual *manufacturing*.



Gambar 8 Gambar kerja *blade*

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



Gambar 9 Bentuk fisik Turbin Angin *blade* kayu mini

Perancangan merupakan suatu proses permulaan sebelum melakukan sesuatu pekerjaan. Pada penelitian ini perencanaan yang mencakup beberapa hal yang berkaitan dengan pembuatan alat, mulai dari perencanaan desain airfoil, mensimulasi desain, pembuatan alat, mengumpulkan komponen-komponen alat yang dibutuhkan dan merangkai alat komponen tersebut. Pada gambar 4.1 dibawah adalah bentuk dari perancangan turbin angin mini horizontal yang memiliki 3 *blade* dengan ukuran lebar 7 cm, panjang 40 cm, tebal 1.3 cm, berat 1.4 gram, sudut puntiran 8 derajat.

5. Pengujian Alat dan Analisa

Pengujian alat *prototype* ini dilakukan dalam seminggu hari kerja, selain itu pengujian ini sangat bermanfaat agar data yang didapat sesuai yang diinginkan. Dimana *blade* berputar dengan tiupan angin sehingga putaran didapatkan menggunakan *tachometer*, arus dan tegangan yang didapatkan dengan menggunakan alat ukur multimeter yang telah disediakan. Pengujian ini dimulai pada tanggal 11 juli - 18 juli 2019, bertujuan untuk menganalisa hasil yang telah didapatkan dari pengujian tersebut.

a. Angin alami

Tabel 3. Data Pengukuran

Jam	m/s	V	I	Rpm
11:55	8.9	19.7	0.9	2882

Tabel 4. Hasil Analisa Maksimal Angin Alami.

A	E	P _a	P _s	P _g	η	%N
2.38	48.4	1025	1024	17.7	0,017	0,51

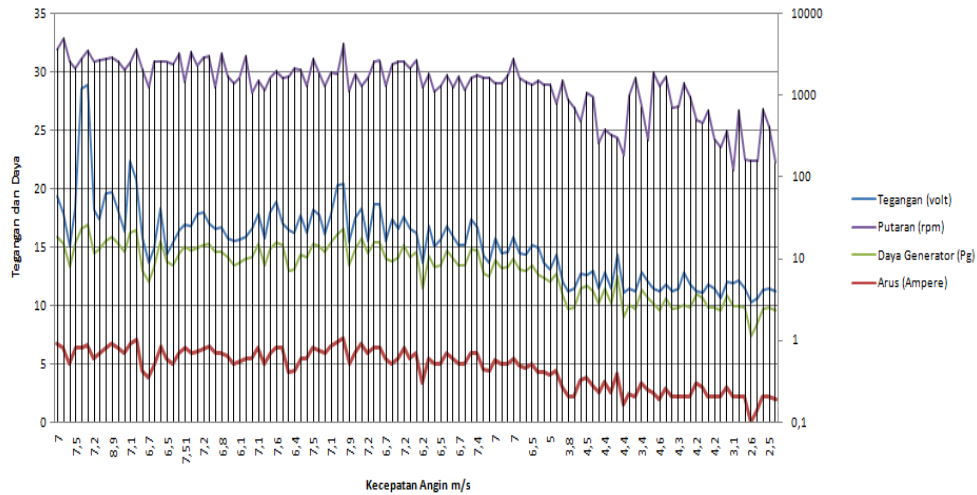
Tabel 5. Data pengukuran

m/s	V	I	Rpm
6.1	15	0.6	1644

Tabel 6. hasil analisa nilai rata-rata angin alami

A	E	P _a	P _s	P _g	η	%N
7,42	23	1029	1024	7,5	0,007	0,14

Dapat terlihat dibawah ini grafik data angin alami sebagai berikut.



Gambar 10 Grafik hasil pengujian angin alami

b. Angin Buatan

Tabel 7. Data pengukuran nilai maksimal angin buatan

Jarak (cm)	Pengukuran			
	m/s	V	I	Rpm
70 cm	6.8	24.7	0.37	1479

Tabel 8. Hasil analisa nilai maksimal angin buatan

A	E	P _a	P _s	P _g	η %	%N
5,35	28,2	1028	1024	9.14	0,008	0,05

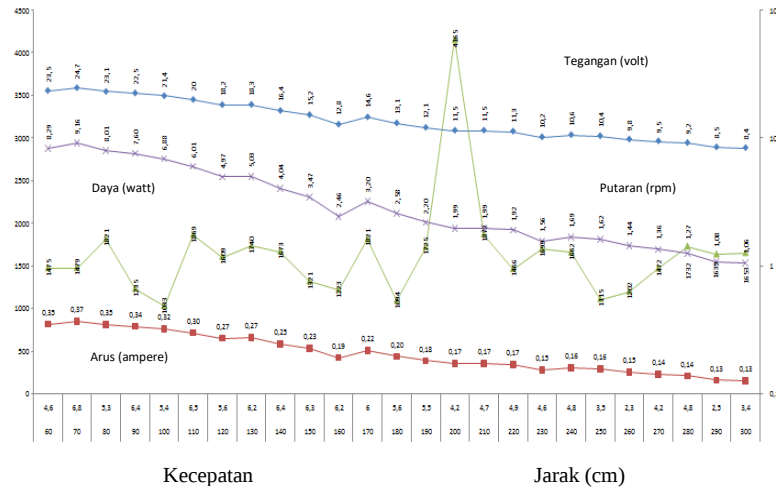
Tabel 9. Data pengukuran nilai rata-rata angin buatan

Jarak (cm)	Pengukuran			
	m/s	V	I	Rpm
180	5.1	14.7	0.22	1632

Tabel 10. Hasil analisa angin buatan rata-rata

A	E	P _a	P _s	P _g	η %	%N
12,7	15,9	1029	1024	3.23	0,003	0,14

Dapat terlihat dibawah ini grafik data pengujian angin buatan sebagai berikut.



12,7 m², daya angin sebesar 1029,33 watt, daya angin simulasi sebesar 1024,13 watt dengan persentase error daya angin sebesar 0,005%. Daya generator sebesar 3,23 watt, energi kinetik sebesar 15,89 watt, efisiensi turbin sebesar 0,003%, persentase error putaran 0,14%.

6. SARAN

Saran dari peneliti untuk penelitian ini sebagai berikut :

- a. Mampu merancang airfoil *blade* dengan *type* NACA yang berbeda-beda dengan menggunakan *software* qblade dan solidwork.
- b. Harapan dari peneliti turbin angin ini bisa di kembangkan lagi seperti merubah *outputnya* ke AC, menambahkan *battrey* dan inverter untuk penyimpanan arus yang dihasilkan oleh generator.
- c. Mengembangkan kembali dalam merancang dan membuat turbin angin mini menjadi turbin angin skala besar, supaya bisa bermanfaat untuk masyarakat sekitar, bukan hanya untuk sebagai media pembelajaran di kampus.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, F., Mara, I. M., Nuarsa . M, (2013) Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal, Jurnal Dinamika Teknik Mesin, Vol.3, No. 1, 50 – 59.
- Dahlan, B., (2016) “ Rancang Bangun Baling-Baling Kincir Angin Menggunakan NACA 4412 Dan 4415 Dari Bahan Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Dan Pinus (Pinus Merkusii) “, TESIS – SF 092006, Program Magister Bidang Keahlian Fisika Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 1 – 63.
- Firmansyah, A., I., Zulkarnain, (2012) Perancangan Bilah Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT-ANGIN) Kapasitas 100 Kw Menggunakan Studi Aerodinamika, Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Vol. 11, No. 2, 151 – 158.
- Hilmansyah, Yuniar, R. J., Ramli, (2017) Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kendali Pi , Jurnal Sains Terapan, Vol. 3, No. 1, 22 – 26.
- Herudin, Prasetyo, W. D., (2016) Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM, Jurnal Ilmiah SETRUM, Vol. 5, No. 1, 11 – 15.
- Haryanto, I., Utomo, MSK., T., S., Labib, M., N., (2009) Pengembangan Perancangan Airfoil Sudu Turbin Angin Kecepatan Rendah Berbasis Komputasi Cerdas, Jurnal Rotasi, Vol. 11, No. 4, 32 – 39.
- Jureczko, M., Pawlak, M., Mezyk, A., (2005) *Optimisation Of Wind Turbine Blades*, *Journal of Materials Processing Technology*, 463 – 471.
- Sumiati, R., Zamri, A., (2013) Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran, Jurnal Teknik Mesin, Vol.3, No. 2, 1 – 8.
- Sugiarta, A., Y., A., (2018) Unjuk Kerja Model Kincir Angin Sumbu Horizontal Tipe Petani Garam Rembang Dengan Tiga Variasi Jumlah Sudu , Tugas Akhir Skripsi, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma yogyakarta, 1 – 55.
- Sugiarto, T., Analisa Karakteristik Airfoil NACA 4412 dengan Metode Wind Tunnel , Jurnal Iteks Intuisi Teknologi dan Seni, 141 – 160.
- Zahra, N., I., (2016) Dasar-Dasar Perancangan Bilah, Modul Lentera Bumi Nusantara, 1 – 78 Jawa Barat.
- Zahra, N., I., (2015) Dasar-Dasar Pembuatan Bilah, Modul Lentera Bumi Nusantara, 1 – 25 Jawa Barat.