

RANCANG BANGUN DAN ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU JENIS *BLADE TAPERLESS* BERBAHAN *FIBER*

Juli Rofika¹, Johny Custer², Muharnis³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Bengkalis

julirofika7@gmail.com¹, johnycuster@polbeng.ac.id², muharnis@polbeng.ac.id³

Abstract

Electrical energy is one of the most important needs for humans, but the phenomenon of the Energy crisis is still a major problem for the Indonesian government and electricity supply companies (PLN). Wind power generation is one of the right solutions in overcoming the problem of limited energy. In Indonesia, a plant with the utilization of wind energy is called a Wind Power Plant (PLTB). The purpose of this research is to design a blade that is able to capture wind energy when low wind speeds are able to withstand high wind speeds. The design used is Qblade software application and solidwork software. From the test results to rotate the blade required starting with the help of hands (manually) if the wind speed is below ≥ 7 m/s. The peak natural wind speed is 6.41 m/s, the voltage is 15.72 Volts, and the current is 0.82 Amper with a rotation of 1273 Rpm. And the blower wind speed is 6.41 m/s, the voltage is 15.72 Volts, and the current is 0.82 Amper with a rotation of 1273 Rpm.

Keywords: PLTB, Blade Fiber, Natural Wind, Artificial Wind

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi manusia, karena segala aktifitas sehari-hari memerlukan energi listrik. Namun fenomena krisis energi masih menjadi masalah utama bagi pemerintah Indonesia dan perusahaan penyedia listrik (PLN). Indonesia merupakan negara yang sangat besar memiliki potensi tenaga angin. Pembangkit listrik tenaga angin menjadi salah satu solusi yang tepat dalam mengatasi masalah keterbatasan energi. Di Indonesia, pembangkit dengan pemanfaatan energi angin disebut pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). PLTB mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin.

Blade merupakan bagian penting dalam suatu sistem turbin angin sebagai komponen yang berinteraksi langsung dengan angin. *Blade* berfungsi sebagai pengonversi energi mekanik angin menjadi energi mekanik putaran rotor. Performa dari sebuah *Blade* erat kaitannya dengan kondisi angin dan tipe generator.

Dalam proses perancangan *Blade*, pemilihan penampang airfoil *Blade* yang sesuai sangatlah krusial. Penentuan airfoil sangat menentukan performa dari turbin yang akan dirancang. *Blade* yang baik adalah *Blade* yang mampu menangkap energi angin saat kecepatan angin rendah mampu bertahan pada kecepatan angin yang tinggi. Tingkat performa sebuah *Blade* dapat diukur melalui simulasi. Peneliti telah merancang *blade* yang bisa bertahan dikecepatan angin di Kecamatan Bengkalis dan bisa mensuplai daya secara konstan.

Disini penulis telah membuat metode media pembelajaran pembangkit listrik tenaga bayu (angin) berbahan fiber, dengan tujuan *blade* akan tidak mudah rusak. Diharapkan dengan memberikan pemahaman yang benar dan kongkrit ke mahasiswa, mereka nantinya dapat mendesain dan menciptakan sebuah pembangkit listrik tenaga bayu (angin) dengan efisiensi yang baik sehingga bisa dimanfaatkan untuk kehidupan masyarakat dan mewujudkan program

pemerintah untuk percepatan pemanfaatan energi terbarukan. Alat yang akan dibuat juga dapat dipakai sebagai media peraga dan praktikum untuk pelajar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Terdahulu

Penelitian mengenai perancangan pembangkit energi listrik dengan menggunakan sumber energi bayu (angin) sudah dilakukan oleh berbagai negara, tidak terkecuali Indonesia. Berikut merupakan rujukan penelitian yang pernah dilakukan untuk mendukung penulisan jurnal ini, diantaranya:

Menurut kajian yang dilakukan oleh (Sumiati Dkk, 2013), tentang “rancang bangun miniatur turbin angin pembangkit listrik untuk media pembelajaran” membahas faktor yang mempengaruhi kinerja turbin angin seperti kecepatan angin, bentuk *Blade*, dan jumlah *Blade*.

Menurut kajian yang dilakukan oleh (Hilmansyah Dkk, 2017), tentang “pemodelan pembangkit listrik tenaga angin menggunakan kendali Pi” dipaparkan hasil bahwa kecepatan angin rata-rata di kilometer 8 sebesar 6 m/s menghasilkan sistem tidak optimal. Sistem optimal pada kecepatan angin 12 m/s dengan menghasilkan daya $1,461.10^6$ W dengan *settling time* 3 sekon.

Menurut kajian yang dilakukan oleh (Hidayatullah Dkk, 2016), tentang “Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker” memaparkan secara komprehensif teknologi turbin sumbu horizontal untuk pembangkit listrik tenaga angin.

Menurut kajian yang dilakukan oleh (Dahlan, 2016) tentang “rancang bangun baling-baling kincir angin menggunakan NACA 4412 dan 4415 dari bahan kayu (*Swietenia Macrophylla*) mahoni dan pinus (*Pinus Merkusii*)” memaparkan bahwa airfoil NACA 4412 lebih baik dari pada NACA 2215. NACA 4412 jenis *taperless* lebih baik dari pada *taper* pada simulasi pengujian.

Menurut kajian yang dilakukan oleh (Zhu dkk, 2017) tentang “*Integrated Airfoil And Blade Design Method For Large Wind Turbines*” menyajikan metode terintegrasi untuk merancang airfoil bilah turbin angin besar.

B. Dasar Teori

1. Energi Angin

Pada dasarnya angin terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan dingin. Prinsip utama energi yang dihasilkan angin adalah mengubah energi listrik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Dalam merancang sebuah turbin angin hal yang paling pertama dilakukan adalah survei tempat atau lokasi yang ingin dibangun kincir angin, data yang harus diambil dari survei lapangan tersebut adalah data kecepatan angin rata-rata di daerah tersebut serta kebutuhan energi listrik.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh oni febriani, didapatkan kecepatan angin di daerah pantai selatbaru di Kabupaten Bengkalis tiga tahun terakhir 2016-2018. Data kecepatan angin maksimal terjadi pada bulan februari dan maret. Untuk manual *manufacturing* diambil rata-rata kecepatan angin tiga tahun terakhir adalah 7 m/s.

2. Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi angin (Pwind) merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara (ρ) dengan luas penampang cakupan dari turbin angin (A) dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya (V^3). Jadi, sedikit saja

selisih kecepatan anginnya, maka perbedaan energi yang dihasilkannya dapat berkali lipat besarnya.

Daya angin adalah daya yang dihasilkan oleh angin terhadap luas sapuan *Blade* dengan satuan watt, dengan kurva keadaan tekanan dan kecepatan angin yang melewati rotor turbin angin. Jika tebal *Blade* turbin diasumsikan x , kecepatan dan tekanan angin akan berkurang setelah melewati *Blade*, dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v \quad (1)$$

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (2)$$

Dimana :

Pa : Daya Angin (watt)

ρ : Massa Jenis Udara (kg/m^3) (ketetapan $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

A : Luas Penampang (m^2)

v : Kecepatan Angin (m/s)

r^2 : Jari-jari

π : Konstanta Lingkaran dengan Nilai 3,14

Energi kinetik untuk suatu massa angin yang bergerak dengan kecepatan yang nantinya akan diubah menjadi poros dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{1}{2} \rho \cdot v \quad (3)$$

Dimana :

E : Energi Kinetik (watt)

ρ : Massa Jenis Udara (kg/m^3) (ketetapan $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

v : Kecepatan Angin (m/s)

Untuk menentukan nilai daya, arus dan tegangan yang diperoleh menggunakan generator, menggunakan rumus persamaan berikut :

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

Dimana :

P : Daya (watt)

V : Tegangan (volt)

I : Arus (ampere)

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

$$\eta = \frac{Pg}{PA} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana :

η : Efisiensi Turbin (%)

Pg : Daya Generator (watt)

PA : Daya Angin (watt)

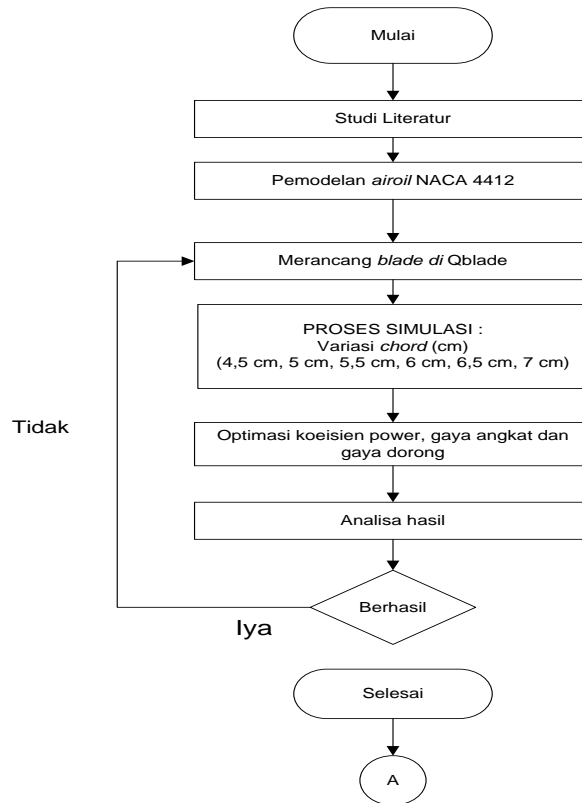
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan perancangan *prototype* pembangkit listrik tenaga bayu jenis *Taperless* berbahan *fiber*, pada sistem *prototype* ini terdapat peralatan-peralatan yang berperan dalam sistem kerjanya mulai dari proses hingga menghasilkan energi listrik, diantaranya penggerak utama yaitu kincir, dan generator sebagai sumber utama yang menghasilkan listrik. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (experimental research) yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh *blade* berbahan *fiber* terhadap unjuk

kerja turbin angin horisontal, variasi kecepatan angin dan pengaruh jumlah lilitan atau generator yang di gunakan terhadap arus yang dihasilkan. Tempat pembuatan miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) di laksanakan di Bengkel Mekanik terdekat.

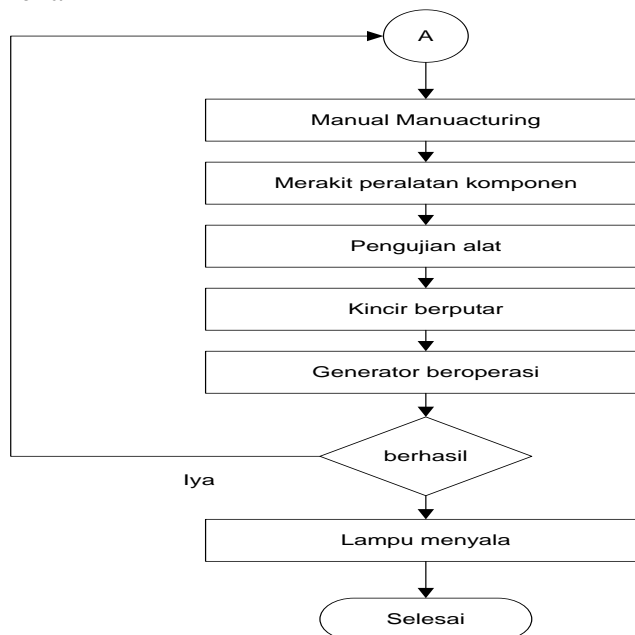
A. Cara Kerja Alat

1. Flowchart Software



Gambar 1. Diagram Alir Software

2. Flowchart Mekanik



Gambar 2. Diagram Alir Mekanik

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perancangan adalah proses permulaan sebelum melakukan sebuah pekerjaan. Pada penelitian ini perencanaan mencakup beberapa hal yang berkaitan dengan pembuatan alat. Adapun bentuk alat yang telah jadi dapat dilihat pada gambar.

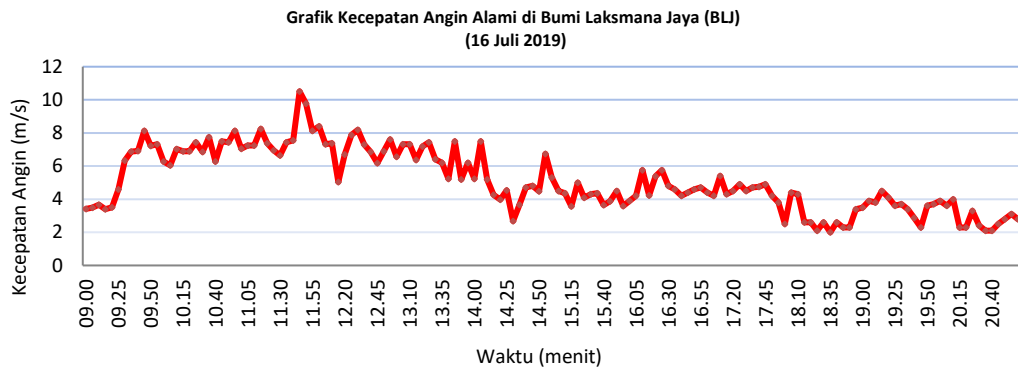


Gambar 3. PLTB Blade Berbahan Fiber

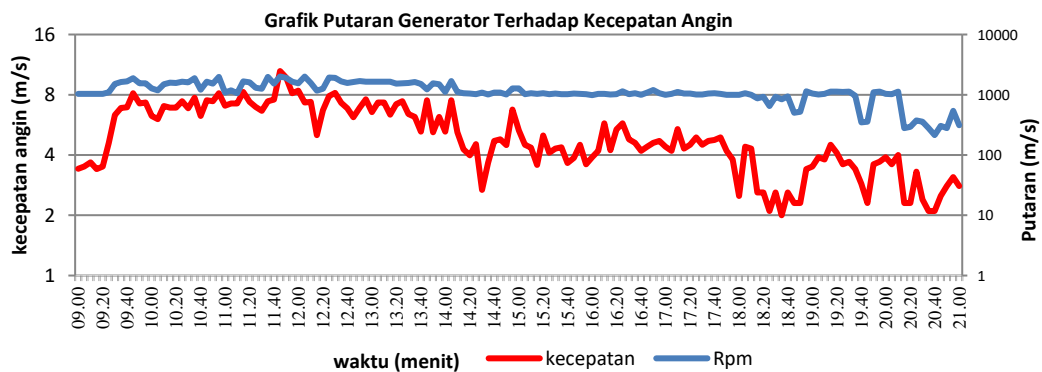
Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan angin alami dan angin buatan. Pengujian menggunakan angin alami dilakukan dipelabuhan bumi laksmana jaya (BLJ) Kecamatan Bengkalis. Dan pengujian menggunakan angin buatan menggunakan kipas blower dilakukan di masjid al-hakim desa senggoro.

1. Pengukuran dan analisa *blade fiber* menggunakan angin alami

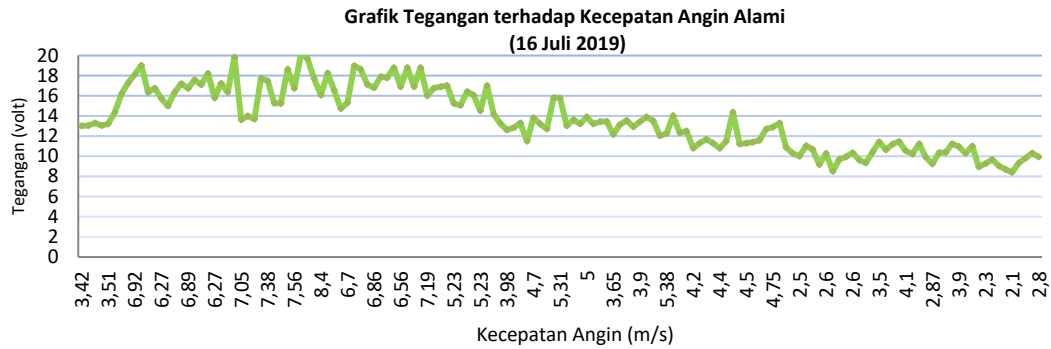
Pengujian dan pengukuran *blade fiber* dengan kecepatan angin alami dilakukan pada Selasa 16 Juli 2019 dipelabuhan bumi laksmana jaya (BLJ) Kecamatan Bengkalis dan pada pengujian ini juga dilakukan pengukuran kecepatan generator, tegangan output dan arus, terhadap beban berupa lampu LED 12 V 9 watt. Untuk data pengujian diambil setiap 5 menit selama 12 jam dimulai dari pukul 09.00 wib sampai 21.00 wib. Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran dari kecepatan angin dalam 12 jam.



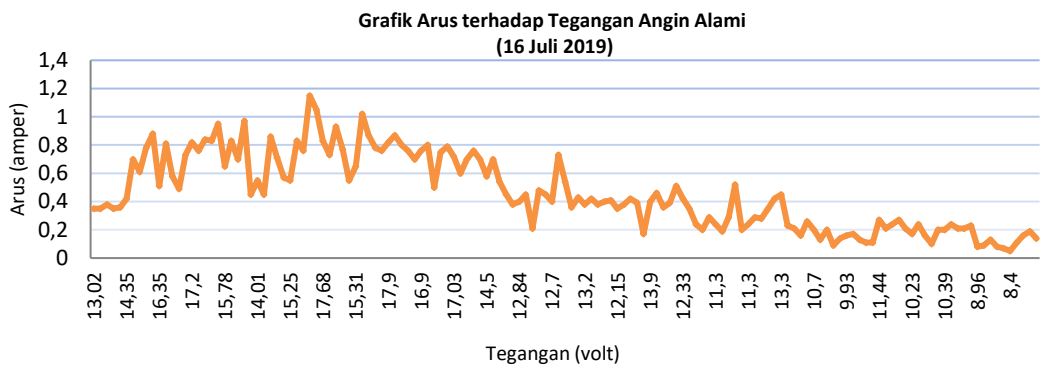
Gambar 4. Hasil Pengujian Kecepatan Angin Setiap Lima Menit



Gambar 5. Hasil Putaran Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 6. Hasil Tegangan Terhadap Kecepatan Angin

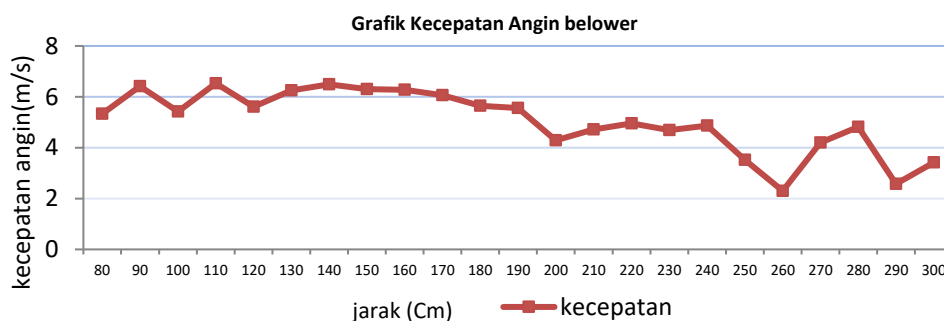


Gambar 7. Hasil Pengujian Arus Terhadap Tegangan

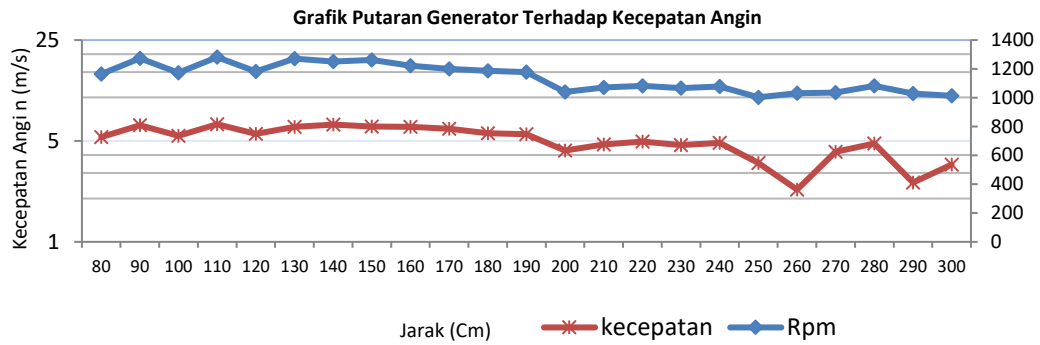
Dari hasil pengujian ini, untuk memutarakan *blade fiber* dibutuhkan starting awal dengan bantuan tangan (manual) jika kecepatan angin dibawah ≥ 7 m/s, Pada kecepatan 7 m/s *blade fiber* dapat berputar sendiri. Dari grafik terlihat bahwa titik puncak kecepatan angin pada tanggal 16 juli 2019 terjadi pada pukul 11.45 wib dengan kecepatan angin 10,51 m/s, tegangan 20,19 volt, arus 1,15 ampere. Dan rata-rata kecepatan angin yang dihasilkan selama 12 jam adalah 5,12 m/s, tegangan 13,16 volt arus 0,82 ampere.

2. Pengukuran dan analisa *blade fiber* menggunakan angin buatan

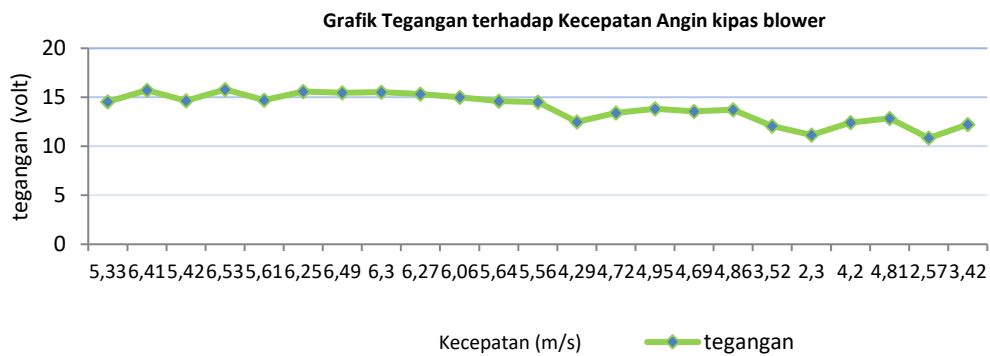
Pengujian dan pengukuran *blade fiber* dengan kecepatan angin buatan dilakukan di mesjid al-hakim desa Senggoro, Kecamatan Bengkalis dan pada pengujian ini juga dilakukan pengukuran kecepatan generator, tegangan output dan arus , terhadap beban berupa lampu LED 12 V 9 watt. Untuk data pengujian diambil setiap jarak 10 cm, dimulai dari jarak 80 cm sampai 300 cm. Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran dari kecepatan angin pada kipas *blower*.



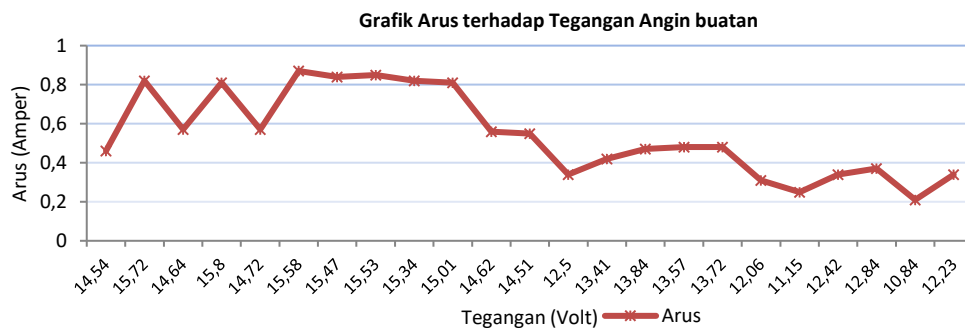
Gambar 8. Hasil Pengujian Kecepatan Angin buatan Setiap 10 Cm



Gambar 9. Hasil Putaran Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 10. Hasil Tegangan Terhadap Kecepatan Angin buatan



Gambar 4.10 Hasil Pengujian Arus Terhadap Tegangan

Dari hasil pengujian angin *blower*, Bentuk angin yang dihasilkan tetap. untuk memutarakan *blade fiber* dibutuhkan starting awal dengan bantuan tangan (manual). Dari Grafik terlihat bahwa titik puncak kecepatan angin pada jarak 110 Cm dengan kecepatan angin 6,53 m/s, tegangan 15,80 Volt, arus 0,87 Amper. Dan rata-rata kecepatan angin yang dihasilkan pada jarak 80 sampai 300 cm adalah 5,05 m/s, tegangan 13,92 volt arus 0,55 amper.

Tabel 1. hasil pengujian jenis daya dan energi

No	Analisa	Kecepatan Angin Alami			Kecepatan Angin Buatan		
		Puncak	rendah	Rata-rata	puncak	rendah	Rata-rata
1	Daya Angin (watt)	1028,2	1028,8	1028,4	1028,4	1028,7	1028,6
2	Energi Kinetik (watt)	6,44	1,225	3,136	3,99	1,408	3,09
3	Daya Generator (watt)	23,22	1,58	10,79	13,749	2,787	7,656
4	Efisiensi Turbin (%)	0,02	0,0015	0,01	0,01	0,002	0,007

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun dan analisa pembangkit listrik tenaga bayu jenis *blade taperless* berbahan *fiber* dibuat dengan tujuan untuk melihat seberapa besar potensi angin dibengkalis menghasilkan listrik dan ketahanan perancangan *blade* terhadap kecepatan angin. Perancangan dibuat masih dalam bentuk miniatur karna untuk pembelajaran dan penelitian. Pengujian pertama menggunakan angin alami sebagai supplay dilakukan dipelabuhan Bumi Laksmana Jaya (BLJ) Kecamatan Bengkalis. Pengujian keduanya menggunakan angin buatan (kipas *blower*) dilakukan dimasjid al-hakim desa Senggoro.

Setelah melakukan pengujian pada angin alami dan angin buatan dari keseluruhan Rancang bangun dan analisa pembangkit listrik tenaga bayu jenis *blade taperless* berbahan *fiber* dapat disimpulkan kincir angin dari bahan *fiber* bisa dikembangkan untuk sumber listrik sebagai berikut :

1. Kincir angin berfungsi dan berputar dengan baik pada angin alami dan angin buatan.
2. Pada Pengujian angin alami kecepatan angin 7 m/s *blade fiber* sudah bisa berputar sendiri tanpa *starting* awal.
3. Pada angin buatan berapapun kecepatan angin yang didapatkan dibutuhkan *starting* awal untuk menggerakkan bilah.
4. Tegangan tanpa beban yang didapatkan bisa mencapai >30 Volt
5. Makin kuat angin meniup baling-baling kincir, makin besar arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator.
6. Angin alami yang dihasilkan pada tanggal 16 Juli 2019 kecepatan angin puncak 10,51 m/s, tegangan yang didapatkan 20,19 Volt, Arus 0,82 Amper, dan putran generator 2010 Rpm.
7. Angin alami yang dihasilkan pada tanggal 16 Juli 2019, kecepatan angin rendah 2 m/s, tegangan yang didapatkan 9,67 Volt, Arus 0,14 Amper, dan putran generator 843 Rpm.
8. Angin alami yang dihasilkan pada tanggal 16 Juli 2019, kecepatan angin rata-rata 5,12 m/s, tegangan yang didapatkan 13,16 Volt, Arus 0,82 Amper, dan putran generator 1193 Rpm.
9. Angin buatan (kipas *blower*) kecepatan angin puncak 6,53 m/s, tegangan yang didapatkan 15,80 Volt, Arus 0,87 Amper, dan putran generator 1281 Rpm.
10. Angin buatan (kipas *blower*) kecepatan angin rendah 2,3 m/s, tegangan yang didapatkan 11,15 Volt, Arus 0,25 Amper, dan putran generator 1031 Rpm.
11. Angin buatan (kipas *blower*) kecepatan angin rata-rata 5,05 m/s, tegangan yang didapatkan 13,92 Volt, Arus 0,55 Amper, dan putran generator 1138 Rpm.

6. 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.
- Febriyanto, N. (2014) Studi Perbandingan Karakteristik *Airfoil NACA 0012* dengan *NACA 2410* Terhadap *Koefisien Lift Dan Koefisien Drag* Pada Berbagai Variasi Sudut Serang Dengan CFD, *Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, Hlm. 1-13.
- Hilmansyah., Yuniar, R.J., dan Ramli. (2017) Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kendali Pi, *Jurnal Sains Terapan*, 3(1), 22-26.
- Hidayatullah, N.A., dan Ningrum, H.N.K. (2016) Kaji Eksperimental Turbin Angin *Multiblade* Tipe Sudu Flate Plate Sebagai Penggerak Mula Pompa Air, *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, 1(1). 7-12.
- Nugroho, R.Z.W., dan Handoko, S. (2014) Pembangkit Listrik Tenaga Angin, *Makalah Seminar Kerja Praktek*.
- Hartanto, T. (2015) Analisa Aerodinamika Flap dan Slat Pada *Airfoil NACA 2410* Terhadap

Koefisien Lift dan Koefisien Drag Dengan Metode Computational Fluid Dynamic, Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Hlm. 1-12.

Rahmawan, A. B. (2015) Pengembangan Media Pembelajaran Kincir Angin Pada Mata Pelajaran Prakarya Dan Kewirausahaan , *Tugas Akhir Skripsi Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta*, Hlm. 1-203.

Susmita, R., dan Zamri, A. (2013) Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran, *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 1-8.

Sarjito. (2010), Studi Karakteristik Airfoil NACA 2410 dan NACA 0012 Pada Berbagai Variasi *Angle Of Attack*, *Jurnal Media Mesin*, 11(1), 15-22.

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*, Hlm. 1-55.

Zhu, W.J., dan Shen W.Z. (2013), *Integrated Airfoil And Blade Design Method For Large Wind Turbines, ICOWES2013 Conference*, Hlm. 17-19.

Zahra, N., I. (2016), Dasar-dasar perancangan bilah, *Modul Lentera Bumi Nusantara*, Hlm. 1 & 78.

Zahra, N., I. (2015) Dasar-dasar