

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGUNAKAN PIPA PVC

Muhammad Daris Sidqi¹, Zulfikar², Radhiah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
darissidqi19@gmail.com · Zulfikar@pnl.ac.id, radhiah@pnl.ac.id

Abstrak—Pembangkit listrik tenaga angin adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin sebagai energi gerak yang dikonversikan melalui generator menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin. Sistem utama dari pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu energi alternatif yang sangat pesat berkembang, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam semesta. Dalam perancangan ini bertujuan untuk merancang pembangkit listrik tenaga angin horizontal dengan menggunakan motor BLDC Hoverboard berkapasitas 250 Watt untuk dioperasikan sebagai generator 50 Watt. Dalam perancangan pembangkit listrik tenaga angin ini metode yang dilakukan adalah menentukan potensi kecepatan angin rata-rata di wilayah pesisir pantai kota lhokseumawe, selanjutnya menentukan generator yang digunakan dalam perancangan, setelah itu untuk melanjutkan tahap perancangan mulailah mencari desain blade yang akan digunakan dengan menggunakan wind power calculator, setelah semua desain didapatkan maka dilakukanlah perakitan komponen. Pada pengujian ini didapatkan data angin rata-rata pada wilayah pesisir pantai Lhokseumawe berkisar antara 4 – 5 m/s, dengan potensi angin berikut daya yang dapat dihasilkan lebih kurang 50 watt dan tegangan keluaran berkisar antara 8 – 10 volt.

Kata kunci : Turbin Angin, Pembangkit Listrik, Generator BLDC Hover Board 24 Volt

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan potensi sumber daya alam yang melimpah, baik matahari, air dan angin merupakan alternatif peluang energi yang dapat dimanfaatkan sebaik mungkin oleh pemerintah, masyarakat sekarang sangat bergantung pada listrik dari bahan bakar fosil, tidak hanya sebagai penerangan juga mendukung kegiatan ekonomi.

Akibat yang ditimbulkan dari beban besar pemakaian adalah sering terjadinya pemadaman bergilir dan sering terjadinya gangguan yang mengakibatkan perekonomian berhenti, pemerintah harus tanggap untuk membuat suatu alternatif energi pengganti, yang sangat berpotensi salah satunya adalah memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi untuk pembangkitan energi listrik.

Mengingat lokasi yang berada di pantai selatan memiliki potensi angin yang sangat tinggi, pengembangan energi terbarukan sangat cocok untuk membantu perumahan yang mengalami kesulitan pasokan listrik PLN.

Eksplotasi energi angin ini sangat baik mengingat angin tidak akan pernah habis dan berkurang, lain halnya dengan bahan bakar fosil yang akan habis bila dipakai terus menerus, atas dasar pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, maka penulis mencoba melakukan analisis terhadap potensi angin di wilayah pesisir dan bukit area kota lhokseumawe dan aceh utara yang dapat digunakan sebagai energi pembangkit listrik.

Pada penelitian ini dilakukan suatu kajian tentang potensi energi air yang dimiliki oleh aliran sungai Rayap di Desa Sido Muliyo Nisam Antara Aceh Utara yang bisa dimanfaatkan untuk membuat suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BLADE (baling - baling)

Blade merupakan alat untuk mengkonversikan energi potensial angin menjadi energi mekanik, energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator [1].

Blade ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik, dengan menggunakan blade (baling-baling), sistem pembangkitan ini membutuhkan angin sebagai sumber energi yang merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat mengingat angin merupakan salahsatu energi yang tidak terbatas di alam semesta ini. Dapat dilihat bentuk balde pada gambar 1.



Gbr 1. Blade Turbin Angin

B. Generator

Generator merupakan alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Generator mengubah torsi (T) dan kecepatan putar rotor (ω) yang diterimanya dari blade menjadi nilai tegangan (V) dan arus (I). Hasil keluaran dari generator ini berupa listrik DC, untuk perancang pembangkit listrik tenaga angin berikut menggunakan generator BLDC Hoverboard dengan kapasitas 250 watt.

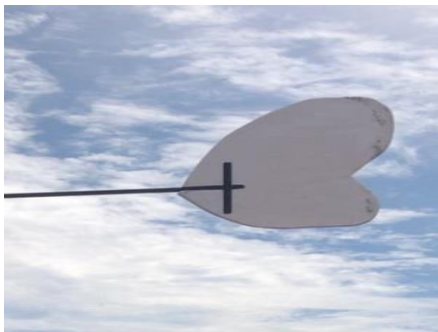


Gbr 2. Generator BLDC Hoverboard 250 Watt.

Pemanfaatan energi terbarukan seperti energi angin sebagai sumber energi listrik alternatif skala kecil memerlukan generator yang sesuai karena energi mekanik berupa putaranyang dihasilkan oleh sumber energi tersebut umumnya pada putaran yang rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator sinkron yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah. Tulisan ini menjelaskan desain generator menggunakan magnet sebagai pengganti kumparan jangkar pada rotor sebagai sumber fluks magnet dan kumparan kawat tembaga (email) sebagai kumparan jangkar pada stator yang dikenal sebagai generator magnet permanen[2].

C. Sirip Ekor

Sirip ekor turbin angin berfungsi mengarahkan turbin angin menghadap arah angin, ukuran ekor perlu disesuaikan dengan turbin angin sehingga mampu mendorong badan turbin ke arah angin, turbin angin ini mempunyai sirip ekor yang terbuat dari kayu lapis dan batang ekornya terbuat dari besi.



Gbr 3. Sirip Ekor.

Sistem pengendalian dengan menggunakan mekanisme ini adalah dengan memanfaatkan rakitan ekor turbin dengan modifikasi tertentu. Karena pada dasarnya, ekor turbin sendiri fungsi utamanya adalah mengarahkan turbin menghadap arah angin sehingga konversi angin bisa maksimal, namun pada kondisi tertentu seperti angin yang terlampau tinggi mengenai turbin, maka perlu adanya pengatur untuk menanggulangi itu. Ekor turbin ini merupakan bagian dari sistem mekanik yang bekerja ketika terjadi proses yawing dan furling.

D. Charger Controller

Charger controller adalah suatu rangkaian DC yang mengoptimasikan keluaran daya dari generator sebelum dialirkan untuk disimpan ke baterai, regulator tegangan (*Cut off* tegangan maksimal 130 V) melindungi komponen-komponen yang ada di dalam *controller* dari aliran arus tinggi, controller dapat secara otomatis menghentikan pelepasan saat baterai penuh, pada controller, rectifier berperan dalam mengkonversi tegangan AC menjadi DC sehingga sesuai dengan media penyimpanan listrik, yaitu baterai DC. Hasil dari rectifier ini kemudian diolah oleh sistem MPPT dengan bantuan Transformer dan Mosfet yang mengkonversi DC power untuk dipecah-pecahkan menjadi tegangan DC yang lebih kecil dan arus yang disesuaikan sehingga cocok dengan kapasitas baterai, berikut adalah gambar dari charger controller[3].



Gbr 4. Charger Controller.

E. Beban Lampu.

Beban menggunakan lampu halogen dengan daya 25, 50 dan 90 Watt. Lampu halogen termasuk juga jenis lampu pijar. Lampu halogen diciptakan dengan memperbaiki proses lampu pijar biasa, yaitu dengan cara mengurangi penguapan tungsten agar lampu halogen lebih tahan lama. Kaca lampu yang dibuat dari kaca kuarsa yang tipis dan tahan panas, kemudian gas yang diisikan ditambahkan sedikit gas halogen[5].

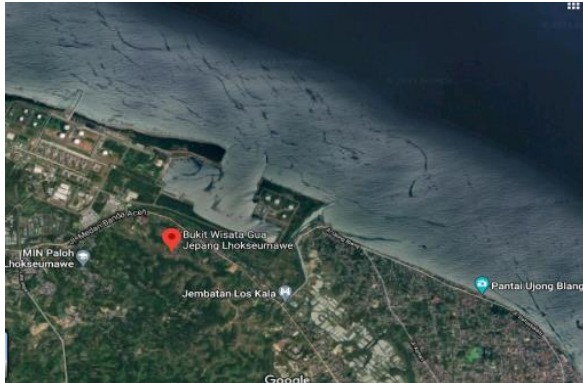


Gbr 5. Lampu halogen 25,50,90 Watt.

III. METODOLOGI

A. Waktu dan Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 juni 2021, dimulai dari pukul 08:00 sampai dengan pukul 18:00 lokasi yang dipilih untuk pengukuran angin dilakukan di wilayah pesisir kota Lhokseumawe.



Gbr 7. Map Wilayah Pesisir Pantai Lhokseumawe.

B. Pemilihan Komponen.

- 1) Generator.
Generator yang digunakan adalah motor DC brushless hoverboard 30 kutub, 24 Volt dengan power output 250 Watt.
- 2) Data Kecepatan Angin.
dilakukan pada pagi, siang dan sore, hari untuk mendapatkan kecepatan angin rata - rata di wilayah pesisir pantai kota Lhokseumawe dari jam 08:00 sampai dengan pukul 18:00.

Tabel I
Kecepatan Angin Rata Di Wilayah Pesisir Pantai Lhokseumawe

No	Jam	Kecepatan rata-rata angin (m/s)
1	08:00	2.7
2	09:00	3.0
3	10:00	3.5
4	11:00	3.5
5	12:00	4.0
6	13:00	4.5
7	14:00	4.5
9	15:00	4.0
10	16:00	4.0
11	17:00	3.5
12	18:00	3.2

Proses pemanfaatan energi angin melalui dua tahapan konversi energi, agar dapat mengetahui besaran daya yang terdapat pada angin maka kita harus mengetahui :

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu - sudu kincir angin, untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin itu sendiri menggunakan alat yang bernama anemometer.

1. Menentukan Ukuran Pipa PVC.

Perancangan blade menggunakan pipa PVC, untuk melakukan perhitungan ukuran pipa dan daya blade menggunakan wind turbin power calculator[6].

Calculate the blade angle:

$$(\beta) = \text{atan} \left(\frac{2R}{3r\lambda} \right) - \alpha$$

λ = Tip speed ratio

α = Angle of attack

R = Blade radius

r = Radius at calculation

Calculate the blade chord (C) & Arc (A):

$$\text{Chord (C)} = 2T \sin(\beta + \theta)$$

$$\text{Arc (A)} = 2\pi T (\beta + \theta) / 360^\circ$$

β = Blade angle

θ = Offset angel

T = Tube radius

Theoretical blade chord:

$$\text{Chord} = \frac{16\pi R^2}{9rB\lambda^2 C}$$

λ = Tip speed ratio

C = Coefficient of lift

R = Blade radius

r = Radius at calculation

B = Number of blade

2. Perancangan Blade.

Jumlah blade yang digunakan pada turbin angin horizontal berjumlah tiga buah blade dengan masing masing panjang setiap blade adalah 110 cm dengan lebar 20 cm.

Perhitung dimensi panjang blade :

$$P = \pi/2 \cdot r^2 \cdot v^3 \cdot \rho \cdot l$$

3. Perancangan Daun Ekor.

Mengenai dari bentuk daun ekor tidak terlalu berpengaruh pada keseimbangan, namun untuk tinggi (span) akan mempengaruhi gaya yang diterima.

4. Pemilihan Charger Controller, Batrai Dan Inverter.

Dalam perancangan ini ditentukan komponen penunjang yaitu pemilihan charger controller kapasitas 10 Amper, batrai denagan merek GS GTZ5S 12V 5Ah, dan inverter yang berkapasitas 350 Watt.

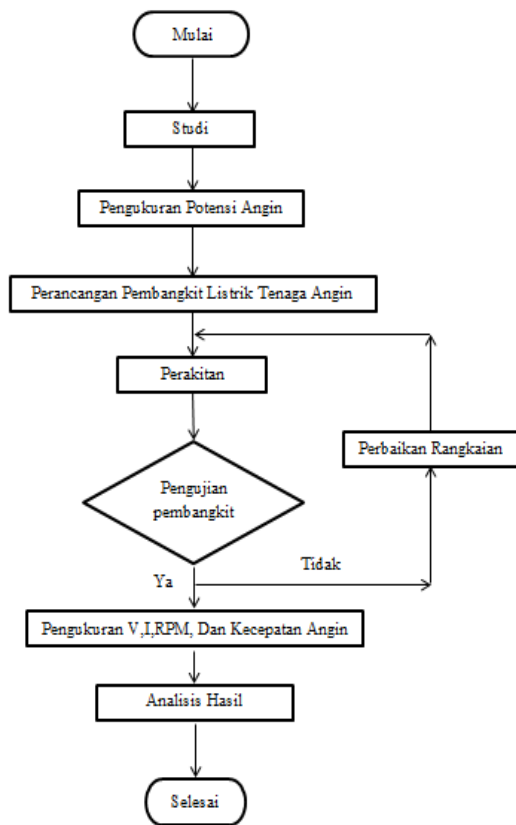
5. Metode Pengujian.

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini :

1. Pengukuran kecepatan rata rata angin di pesisir pantai kota Lhoksemawe, untuk mengukur kecepatan angin menggunakan alat pengukur kecepatan angin yaitu anemo meter, pengukuran dilakukan dari pagi sampai sore hari.
2. Pengukuran tegangan yang dihasilkan generator. Untuk mengetahui tegangan yang dapat dihasilkan oleh generator maka dilakukanlah uji putar dengan menggunakan alat bantu berupa motor listrik.
3. Pengujian generator berbeban dan tanpa beban, pada pengujian berbeban dilakukan uji dengan beban 25,50, 90 dan 100 Watt.

6. Metode Analisis.

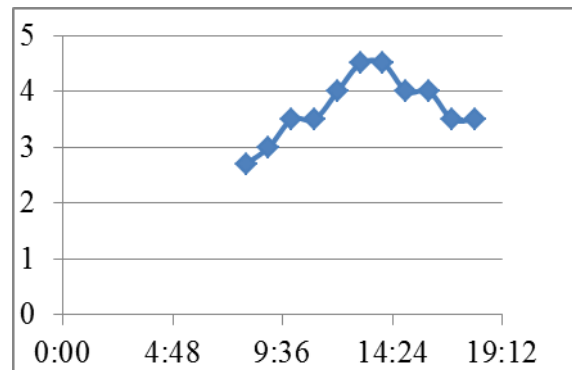
Metode analisis yang akan dilakukan pada penelitian pembangkit listrik energi angin dapat dilihat pada gambar 8.



Gbr 8. Metode Analisis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dari gambar 9 dapat disimpulkan bahwa pada jam 08:00 kecepatan angin rata – rata adalah 2.7 m/s, pada jam 09:00 sampai jam 11:00 kemudian kecepatan angin naik perlahan dari 3.0 m/s sampai 3.5 m/s, kemudian pada jam 12:00 sampai jam 14:00 terjadinya peningkatan angin puncak berkisar 4.0 m/s sampai dengan 4.5 m/s, kemudian pada jam 15:00 sampai jam 18:00 terjadinya penurunan kecepatan angin, yaitu dari 4.0 m/s sampai dengan 3.2 m/s



Gbr 9. Data Kecepatan Angin.

Untuk mengetahui panjang blade yang diperlukan kita dapat memakai kalkulator perancangan turbin angin, awalnya kita harus menentukan kecepatan angin di suatu wilayah dan selanjutnya kita harus menentukan daya yang ingin dicapai oleh generator, kemudian kita masukkan data tersebut pada kalkulator turbin angin, dapat kita lihat pada gambar berikut[7].

Wind Turbine: [Power](#) | [Nominal Power](#) | [Yield](#) | [Rotation](#) | [Magnitude](#)

Wind Turbine Power Calculator

Calculates the power of a wind turbine from size, wind speed and air density. The radius is the length of a rotor blade. The wind speed refers to one point in time, not to an average speed. Air density, which is the mass of air per space, depends on air pressure, temperature and humidity. 1.2 is a good average value at sea level (air density calculator in German: [Luftdichte](#)). The efficiency factor tells, which part of the wind blowing through the area spanned by the rotor blades is converted into electric energy. The theoretic maximum for the efficiency factor is 16/27, respectively 59,26 %.

Please enter four values and choose the units you want. The fifth value will be calculated. The formula for the electric power is $P = \pi/2 * r^2 * v^3 * \rho * \eta$, one watt is calculated as $1 W = 1 kg * m^2 / s^2$.

Radius r:

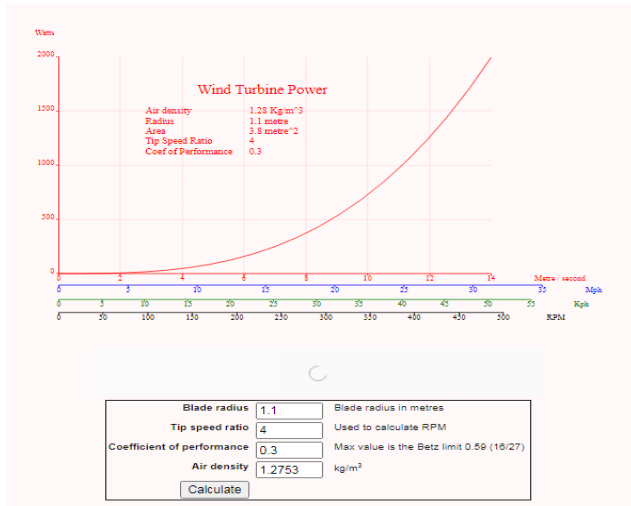
Wind speed v:

Air density ρ:

Efficiency factor η:

Power P:

Gbr 10. Mencari Panjang Blade.



Gbr 11. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Gaya Generator

Dapat kita lihat dari grafik tersebut, dengan blade panjang 118 cm dan kecepatan angin 4.0 m/s maka dihasilkanlah daya generator sebesar 50 Watt, kemudian dapat dilihat bila kecepatan angin makin kencang maka makin besar pula daya keluaran generator yang dihasilkan.

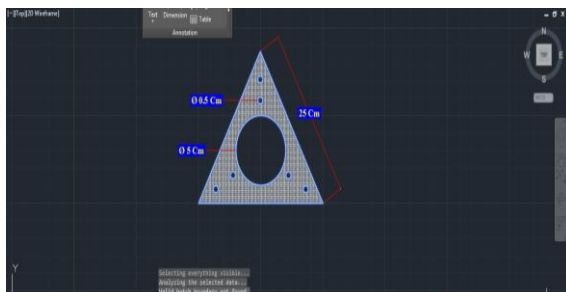


Gbr 11. Dimensi Blade.

Berikut adalah gambar dimensi blade yang didapatkan dengan lebar 21 cm dan panjang 110 cm, untuk mencetak dimensi blade dengan skala 1 banding 1 pada kertas A4 langkah selanjutnya adalah menekan menu open full size plan in new window kemudian dapat di buka pada microsoft word untuk mencetak sketsa.

1. Plat dudukan generator.

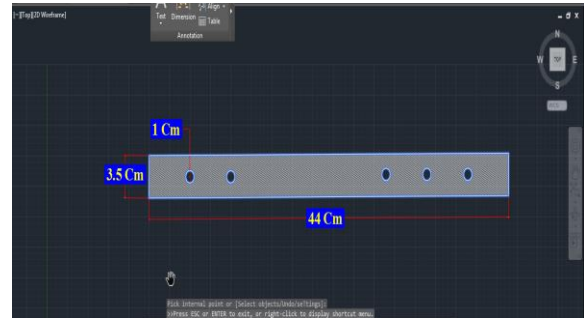
Plat dudukan menggunakan plat besi berbentuk segitiga sama kaki dengan panjang 25 cm dan ketebalan 5 mm, karna dalam rancangan ini penulis menggunakan 3 sudu.



Gbr.12 Gambar Plat Dudukan Generator.

2. Perancangan Plat Hub Ke Generator.

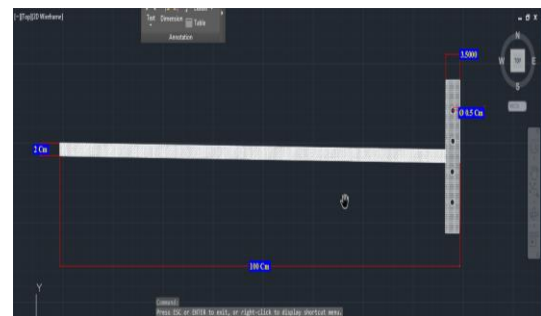
Plat penghubung untuk dudukan Blade ini menggunakan plat strip dengan ukuran 2 inch dengan panjang 44 Cm.



Gbr 13. Perancangan Plat Hub Ke Generator.

3. Perancangan Gambar Tiang Ekor Daun.

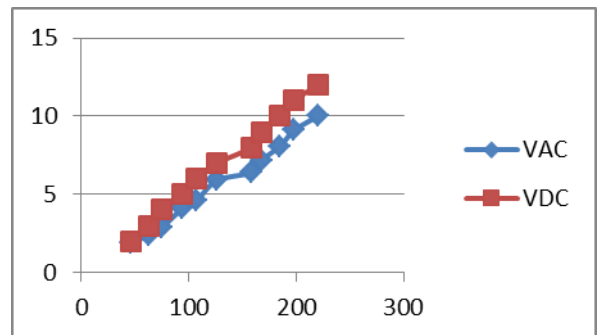
Pada perancangan ini tiang ekor menggunakan besi galvanis dengan panjang 1 meter dan diameter 1 inch, pada ujungnya ditempelkan plat strip dengan panjang 24 cm.



Gbr 14. Perancangan Gambar Tiang Ekor Daun.

4. Pengujian Generator.

Generator yang digunakan adalah Motor BLDC seperti yang telah dijelaskan seperti sub bab 3.2, Pengujian dilakukan untuk mengetahui tegangan yang dibangkitkan dengan mengatur putaran dari putaran terendah hingga mencapai tegangan 12 V.



Gbr 15. Grafik Pengujian Generator.

5. Pengujian turbin dilakukan di pesisir pantai dengan beban , alat yang dibutuhkan dalam pengujian turbin adalah AVO meter, tacho meter dan anemo meter.

Tabel II
Pengujian Turbin Tidak Berbeban.

NO	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan tampa bebban (V)	Arus (I)
1	3.0 m/s	6.3 V	0
2	3.5 m/s	7.2 V	0
3	4.0 m/s	8.1 V	0
4	4.5 m/s	9.2 V	0
5	5.0 m/s	10 V	0

Pengujian turbin tak berbeban dilakukan saat kondisi kecepatan angin berbeda, dari mulai paling rendah yaitu 3.0 m/s sampai dengan yang paling tinggi 5.0 m/s, dapat dilihat pada tabel diatas pada saat kecepatan angin 3.0 m/s tegangan yang dihasilkan adalah 6.3 volt, dan pada saat kecepatan angin meningkat maka meningkat pula tegangan yang dihasilkan seperti tabel nomor 5 yaitu kecepatan angin 5.0 m/s tegangan yang dihasilkan yaitu 10 volt.

6. Pengujian Turbin Berbeban.

Tabel III.
Pengujian Turbin Berbeban.

NO	Beban (W)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan berbeban (V)	Arus (I)
1	25 W	4.0 m/s	4.5 V	1.0 A
2	50 W	4.0 m/s	3.6 V	1.3 A
3	90 W	4.7 m/s	2.6 V	2.6 A
4	100 W	5.0 m/s	2.0 V	2.5 A

V. KESIMPULAN.

Kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian pembangkit listrik turbin angin ini dapat kita ketahui kecepatan rata rata angin di pesisir pantai Lhokseumawe berkisar antara 4 sampai 4,5 m/s dengan perolehan tegangan rata rata 9 volt.
2. Pengujian turbin tak berbeban dilakukan saat kondisi kecepatan angin berbeda, dari mulai paling rendah yaitu 3.0 m/s sampai dengan yang paling tinggi 5.0 m/s.
3. Pada saat kecepatan angin 3.0 m/s tegangan yang dihasilkan adalah 6.3 volt, dan pada saat kecepatan angin meningkat maka meningkat pula tegangan yang dihasilkan

REFERENSI

- [1] <http://afrizalmulyana.blogspot.com/2009/12/pembangkit-listrik-tenaga-angin.htm>
- [2] <http://afrizalmulyana.blogspot.com/2009/12/pembangkit-listrik-tenaga-angin.htm>
- [3] <http://dayasurya.weebly.com/controller.html>
- [4] <https://teknikelektronika.com/pengertian-baterai-jenis-jenis-baterai/>
- [5] <https://www.otosia.com/review/mengenal-lebih-jauh-tentang-lampu-halogen.html>
- [6] Wind power calculator and pipe blade design www.windandwet.com Wind turbin power calculator <https://Rechneronline.De/Wind-Power/>
- [7] Wind turbin power calculator <https://Rechneronline.De/Wind-Power/>