

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN SUMBU HORIZONTAL PADA PEMBANGKIT HYBRID

Muhammad Maskur, Radhiah², Nelly Safitri³, Yaman⁴

¹)Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

^{2,3})Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: maskurmuhammad22@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit *hybrid* yaitu pembangkit listrik yang menggunakan lebih dari satu pembangkit listrik (gabungan), dimana pembangkit ini menggabungkan beberapa sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable*) atau yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rancangan pembangkit tenaga angin dan mengetahui tegangan pada pembangkit sebelum dan sesudah di *hybrid*. Hasil dari penelitian ini pada saat pembangkit tenaga angin sebelum di hubungkan ke tenaga surya (*hybrid*), pada beban 25 watt pemakaian daya sebesar 14,40% sehingga lampu redup, lampu yang paling redup adalah lampu 100 watt karena pemakaian daya 0,15 % dari 100 watt. Setelah di lakukan *hybrid* terjadi kenaikan daya pada beban terendah 25 watt sebesar 75,53%, pada 50 watt sebesar 10,72%, pada beban 90 watt sebesar 10,67% dan beban yang tertinggi 100 watt sebesar 11,85%, jadi pembangkit hybrid dapat memperbaiki tegangan dan daya.

Kata-kata kunci: *Hybrid, Tegangan, Beban, pembangkit tenaga angin, renewable*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk kelangsungan hidupnya. Tingkat perkembangan suatu negara dalam sektor industri maupun masyarakat bisa digambarkan juga dari tingkat penggunaan listrik negaranya. Di Indonesia peningkatan konsumsi listrik setiap tahunnya diperkirakan meningkat.

Perbandingan antara rumah tangga yang telah terlistriki dan rumah tangga yang belum tersambung listrik masih belum merata, karena masih adanya krisis listrik dibagian pelosok-pelosok Indonesia. Tidak terjamahnya seluruh wilayah indonesia oleh listrik memiliki beragam alasan, selain masih bergantungnya Indonesia terhadap sumber energi konvensional, diantaranya: wilayah jauh dari kota, tidak terdapat sumber energi listrik di daerah tersebut, belum dimanfaatkannya secara maksimal sumber daya alam yang dimiliki Indonesia.

Daerah yang belum terjamah listrik salah satunya adalah daerah pesisir. Letak wilayahnya pesisir yang berada di pinggir-pinggir pulau atau pantai, tentu jauh dari pusat kota. Kebutuhan listrik daerah pesisir akan jauh lebih baik apabila dilakukan dengan memanfaatkan potensi energi lokal. Mengingat pula, daerah pesisir memiliki potensi energi yang cukup banyak dan variatif, karena sebenarnya indonesia mempunyai potensi besar mencapai 443 gigawatt (GW) dalam menerapkan Energi Baru Terbarukan (EBT). Namun sayang pemanfaatannya masih sangat kecil dari tahun 2017 baru sekitar 12% yang digunakan sebagai sumber energi listrik oleh perusahaan listrik negara (PLN). Maka perlu adanya pengembangan dan pembangunan pembangkit listrik energi baru terbarukan (EBT) yang memiliki potensi besar, seperti tenaga matahari, angin

dan air dll, guna mengantisipasi keterbatasan energi konvensional dan juga dapat membantu daerah-daerah pesisir yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit listrik dari PLN.

Dari permasalahan di atas bermaksud ingin memaparkan rancangan dan pengujian dari modul pembangkit listrik tenaga angin (*hybrid*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Pemanasan oleh matahari mengakibatkan udara akan memuai. Tekanan udara yang telah memuai massa jenisnya menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal tersebut terjadi, tekanan udara akan turun.[1].

Dengan bantuan energi angin ini proses perubahan energi dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik[2].

B. Teori Momentum Elementer Betz

Menurut Betz, seorang insinyur Jerman, besarnya energi yang maksimum dapat diserap dari angin adalah hanya 0.59259 dari energi yang tersedia. Sedangkan hal

tersebut juga dapat dicapai dengan daun turbin yang dirancang dengan sangat baik serta dengan kecepatan keliling daun pada puncak daun sebesar 6 kali kecepatan angin. Pada dasarnya turbin angin untuk generator listrik hanya akan bekerja antara suatu kecepatan angin minimum, yaitu kecepatan star (Cs), dan kecepatan nominalnya (Cr)[3].

Teori momentum elementer Betz sederhana berdasarkan pemodelan aliran dua dimensi angin yang mengenai rotor menjelaskan prinsip konversi energi angin pada turbin angin. Kecepatan aliran udara berkurang dan garis aliran membelok ketika melalui rotor dipandang pada satu bidang. Berkurangnya kecepatan aliran udara disebabkan sebagian energi kinetik angin diserap oleh rotor turbin angin. Pada kenyataannya, putaran rotor menghasilkan perubahan kecepatan angin pada arah tangensial yang akibatnya mengurangi jumlah total energi yang dapat diambil dari angin. Walaupun teori elementer Betz telah mengalami penyederhanaan, namun teori ini cukup baik untuk menjelaskan bagaimana energi angin dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya[3].

C. Pengertian Sel Surya

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas ± 2 juta km² adalah sebesar 5,10 mW atau 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 gWp yang didistribusikan. Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya:

- Sumber energi yang mudah didapatkan.
- Ramah lingkungan.
- Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis.
- Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah.
- Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai.

Sejauh energi pemanfaatan energi surya di Indonesia telah diarahkan ke penyediaan listrik di pedesaan atau daerah-daerah yang letaknya sulit untuk dijangkau oleh instalasi listrik pedesaan. Umumnya instalasi PLTS banyak dimanfaatkan pada sektor-sektor berikut ini:

- Di mesjid-mesjid atau rumah peribadatan.
- Puskesmas atau pelayanan kesehatan di desa-desa.
- Instansi pemerintah utamanya kantor pelayanan umum pemerintah.
- Lampu-lampu penerangan listrik di jalan.
- Pompa-pompa air untuk pengairan irigasi atau sumber air minum.
- Solar Home System (SHS) untuk penerangan di rumah-rumah.

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang

dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Ratarata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 - 5 jam per hari[4].

D. Pengertian Hybrid

Pengertian Hybrid pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem hybrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu.

Sistem Hybrid atau Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah - daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD (Diesel). PLTH ini memanfaatkan renewable energy sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan Diesel Generator sebagai sumber energi cadangan (sekunder).

Pada PLTH, renewable energy yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Diesel - Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, strika listrik serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut. Dengan adanya kombinasi dari sumber - sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal.

Cara kerja Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Surya tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakaian energi (load profile) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya. Load profil ini sangat dipengaruhi penyediaan energinya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara Sumber energi terbarukan dan Diesel Generator atau disebut Pembangkit Listrik. Sistem Hibrida adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkitan yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN.

Sumber energi angin dan surya merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas (*free*). Permasalahan yang kemudian muncul adalah energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca

cerah (tidak mendung atau hujan) sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang tidak tentu dan sangat berfluktuasi tergantung cuaca atau musim. Suatu teknik penggabungan kedua jenis pembangkit tersebut yang kemudian dikenal dengan pembangkit listrik tenaga hybrid[5].

III METODOLOGI

A. Dasar Perhitungan

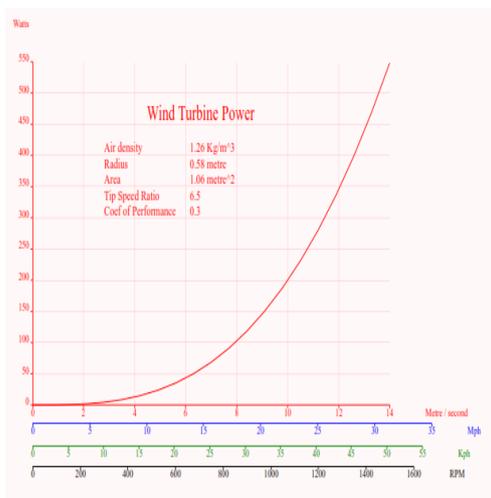
1. Generator

Motor BLDC brushless hoverboard 24 Volt digunakan sebagai generator dengan spesifikasi data adalah :

- Power output 250 W-360 W.
- Diameter poros 13,5 mm dan 16 mm dengan panjang 53 mm,
- Panjang kabel 200 mm, Opening size 110 mm,
- Kecepatan maksimal 26 km/h (453 m/menit), Berat 3 kg.

2. Mengukur Kecepatan Angin

Data kecepatan angin diukur menggunakan anemometer, pengukuran dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari. Dari data kecepatan angin dapat ditentukan daya wind turbin menggunakan *wind turbine power calculator* yang dapat diakses pada situs www.windandwet.com. Dari grafik gambar 1 hubungan daya dan kecepatan angin dapat ditentukan daya dari turbin.



Gbr 1. Hubungan Daya Dan Kecepatan Angin

3. Pipa PVC

Perancangan *blade* menggunakan pipa PVC 8 inch, untuk melakukan perhitungan daya *blade* menggunakan *wind turbine power calculator* yang dapat diakses pada situs www.windandwet.com. Persamaan untuk menghitung daya turbin :

$$P = \pi/2 * r^2 * v^3 * \rho * \eta \quad (1)$$

dimana :

P = daya turbin

r = jari-jari blade

v = kecepatan angin

ρ = kerapatan udara

η , = efisiensi turbin

1 W = 1 kg * m² / s³.

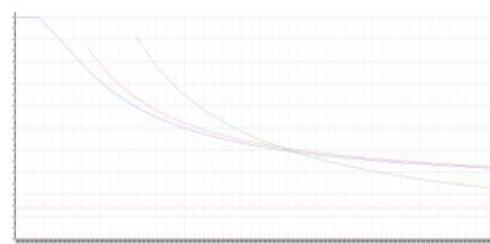
Gbr 2. Mencari Panjang Blade

4. Perancangan Blade

Jumlah *blade* yang digunakan pada turbin angin horizontal di rencanakan berjumlah empat buah *blade* dengan masing-masing panjang setiap *blade* adalah 102 cm sesuai dengan acuan pada website www.windandwet.com *wind turbine power calculator*. Dengan memasukan data panjang blade, jari-jari pipa, dan jumlah blade pada kalkulator gambar 3.

Gbr 3. Blade Kalkulator

Dengan menekan calculate diperoleh printout blade seperti terlihat pada gambar 4.



Gbr 4. Dimensi Blade

5. Batrai

Batrai yang digunakan adalah baterai GS astra dengan kapasitas 5 Ah

6. Inverter

Inverter yang digunakan adalah inverter yang berkapasitas 1200 watt

7. *Charger controller*

Charger controller yang digunakan disini adalah controller yang berkapasitas 10 A, dengan tegangan 12-24 Volt.

B. Fungsional Dan Struktur Alat/Sistem

Perancangan dilakukan untuk pembangkit hybrid membutuhkan struktur alat sistem, dari pada itu alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gbr 5. Fungsional Dan Struktur Alat/Sistem

Bahan yang digunakan dalam perancangan pembangkit angin dan surya (hybrid) ialah :

1. Generator DC : Alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik DC, generator ini menggunakan permanen magnet sebagai rotor sehingga medan magnet diperoleh dari permanen magnet itu sendiri.
2. Panel surya : mengubah sinar matahari menjadi listrik.
3. Blade turbin angin : blade berfungsi sebagai recipient energi angin yang dapat mengkonversikannya menjadi energi gerak.
4. *Charger controller* : Sebagai sistem pengatur tegangan masukan yang fluktuatif yang dihasilkan dari generator, kemudian distabilkan sebelum disimpan pada baterai.
5. Panel *box* : Tempat dudukan komponen *control* dan proteksi dari pembangkit listrik energi angin dan surya.
6. Baterai : Sebagai media penyimpan energi listrik DC.

7. Inverter : Alat untuk mengkonversi dan menaikkan tegangan energi listrik DC menjadi AC sehingga dapat digunakan pada beban.
8. Beban : Beban menggunkan lampu sorot LED dengan kapasitas 25,90 dan 190 watt.
9. Kabel : sebagai alat penghubung
10. Dioda : sebagai penyearah
11. Bearing : sebagai alat untuk memutar poros
12. Triflek : sebagai bahan untuk sirip ekor
13. Cat warna hitam putih.

C. Perhitungan Dimensi Dan Spesifikasi

Perhitungan dimensi dan spesifikasi yang akan dilakukan dalam pembangkit listrik tenaga *hybrid* sebagai berikut :

1. Memilihan panel surya tipe polycrystalline
2. Memilih jenis generator yaitu motor brushless BLDC Hoverboard 24 Volt dengan power output 250 W-360 W
3. Perhitungan dimensi blade
4. Perhitungan dimensi sirip ekor
5. Perhitungan jarak antara satu blade dengan blade lainnya.

D. Pabrikasi

Proses perancangan pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal dengan menggunakan motor brushless BLDC Hoverboard 24 Volt sebagai penghasil listrik yang di gerakkan oleh turbin angin, turbin angin yang dirancang menggunakan pipa pvc 8 inci, panjang blade 102 cm, angin yang berhembus mengenai sudu sudu blade, blade yang di kaitkan dengan dudukan generator agar poros generator berputar selaras dengan turbin angin. Pada turbin angin menggunakan pengarah atau sirip ekor agar turbinnya melawan arah angin. tegangan yang keluar berupa arus bolak-balik 3 fasa maka digunakan penyearah gelombang penuh 3 fasa agar tegangan yang keluar menjadi DC untuk pengisian baterai 12 volt 5 Ah. tinggi tiang 2,90 meter, panjang kaki 50 cm² berjumlah 3 buah yang bisa di lepas, pipa yang digunakan pipa besi berjenis galvanis. Daya dan tegangan yang di dihasilkan akan masuk ke controller mengatur tegangan masuk ke baterai supaya baterai awet dan tidak over. Baterai di hubungkan ke inverter 1200 watt dengan input baterai 12 volt output inverter 220 volt untuk penggunaan beban AC. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat gambar 5.

E. Metode Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini :

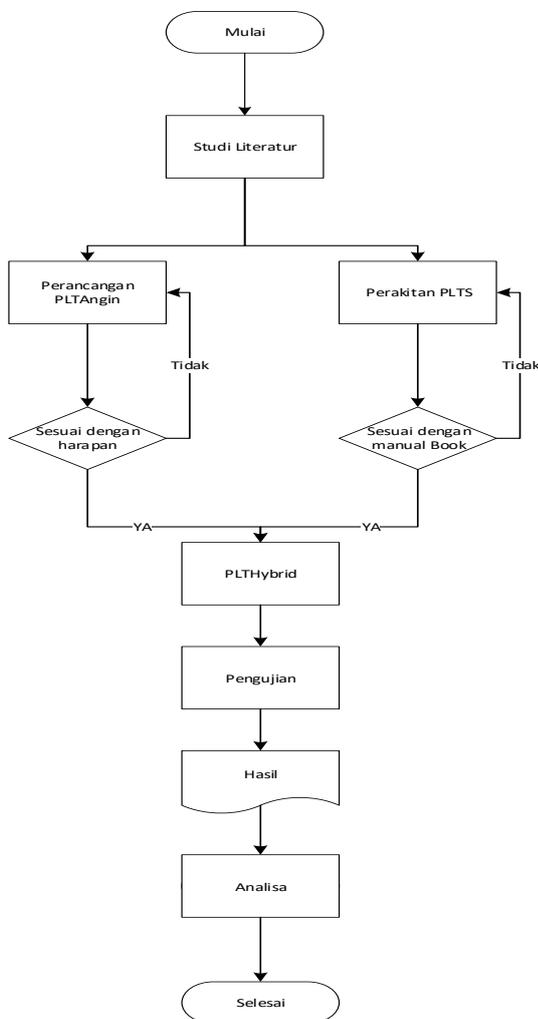
1. Pengujian generator berbeban dan tak berbeban. Pengujian tak berbeban untuk menentukan tegangan(V), sedangkan untuk

pengujian berbeban untuk menentukan arus(I) dan daya(P).

2. Pengujian panel surya berbeban dan tak berbeban
 Pengujian tak berbeban untuk menentukan tegangan(V),sedangkan untuk pengujian berbeban untuk menentukan arus(I) dan daya(P).
3. Pengujian hybrid berbeban dan tak berbeban
 Pengujian tak berbeban untuk menentukan tegangan(V),sedangkan untuk pengujian berbeban untuk menentukan arus(I) dan daya(P).

F. Metode Analisis

Analisa yang dilakukan dari hasil pengujian terutama sekali pada kecepatan angin dengan kecepatan putar (rpm) tegangan yang dihasilkan dan tegangan hybrid. Untuk lebih jelasnnya metode penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian PLTH ini dapat dilihat pada flowchat gambar 6.



Gbr 6. Flowchart

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin

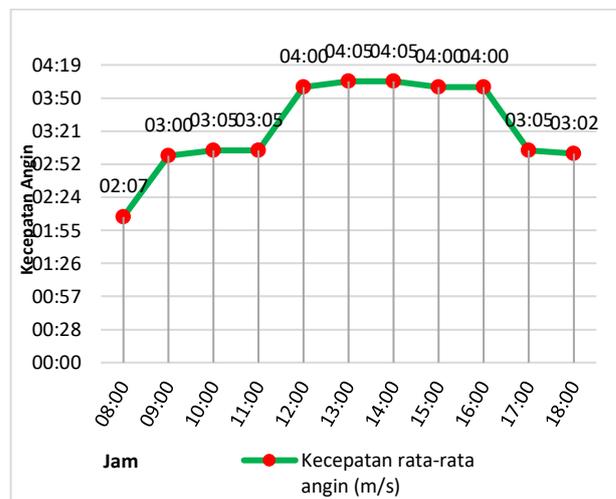
Perancangan pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal menggunakan motor brushless BLDC hoverboard 24 volt sebagai generator penghasil listrik, untuk membuat blade digunakan pipa PVC 8 inc dengan panjang blade 102 cm, pengarah atau sirip ekornya menggunakan kayu lapis, tiang penyangga memiliki tinggi 2,90 m dan panjang kaki 50 cm² berjumlah 3 buah yang bisa di lepas, pipa yang digunkan adalah pipa galvanis, Bertujuan sebagai jarak aman untuk pengujian. Pembangkit tenaga angin memanfaatkan kecepatan angin untuk menghasilkan energi listrik. Pengujian pada turbin angin juga dilakukan tidak berbeban dan berbeban, hasil pengujiannya diperoleh berdasarkan kecepatan angin untuk memutar sudu turbin angin.

B. Data Kecepatan Angin

Pengukuran kecepatan angin dilakukan di pantai objek wisata bunga seroja krueng geukuh, data pengukuran dapat di lihat pada Tabel 2.

TABEL II
Data Kecepatan Angin

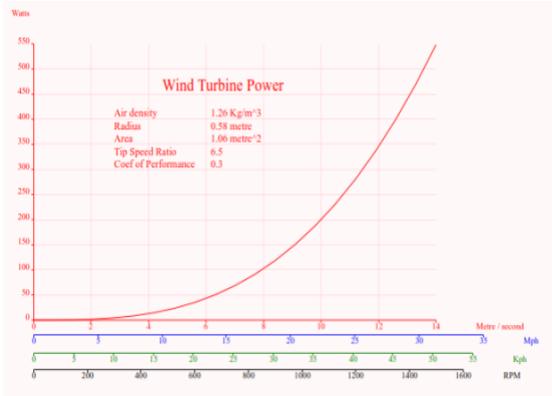
NO	Jam	Kecepatan rata-rata angin (m/s)
1	08:00	2.7
2	09:00	3.0
3	10:00	3.5
4	11:00	3.5
5	12:00	4.0
6	13:00	4.5
7	14:00	4.5
9	15:00	4.0
10	16:00	4.0
11	17:00	3.5
12	18:00	3.2



Gbr 7. Karakteristik Kcepatan Angin Rata-Rata

Dari Tabel 2 rata-rata kecepatan angin 3.24 m/s, dari grafik gambar 7 dapat di lihat kecepatan angin tertinggi pada jam 12:00 sampai 16:00 sebesar 4 m/s.

Jadi untuk menentukan daya turbin dengan kecepatan angin 4 m/s dapat di tentukan besaran daya generator yang akan di bangkitkan untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar 4.2 dari gambar dapat di lihat pada kecepatan angin 4 m/s daya yang di hasilkan sebesar 30 watt. Dari data BMKG Lhokseumawe kecepatan rata-rata 4 m/s dan maksimumnya rata-rata 12 m/s, jadi daya yang diambil adalah daya pada kecepatan angin maksimum sebesar 50 watt.



Gbr 8. Hubungan Daya Dan Kecepatan Angin

C. Perancangan Blade Turbin

Panjang blade yang di perlukan dapat menggunakan *wind turbine power calculator*, kecepatan angin di yang di peroleh 4 m/s, selanjutnya menentukan daya yang ingin di capai oleh generator sebesar 50 watt, data ini masukkan ke dalam wind turbin power calculator. Dapat dilihat pada gambar berikut :

Radius r: ▼

Wind speed v: ▼

Air density ρ : ▼

Efficiency factor η : ▼

Power P: ▼

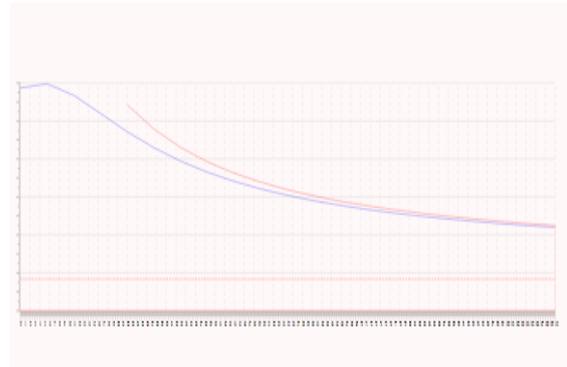
Gbr 9. Mencari Panjang Blade Menggunakan *Wind Power Calculator*

Dengan memasukan data panjang blade, jari-jari pipa, dan jumlah blade pada kalkulator gambar 10.

Blade radius (mm) <input type="text" value="110"/>	Blade radius in millimetres
Tube radius (mm) <input type="text" value="102"/>	Tube radius in millimetres
Tip speed ratio <input type="text" value="6"/>	Ratio of tip speed to wind speed
Angle of attack (degrees) <input type="text" value="4"/>	Angle of attack in degrees
Offset (degrees) <input type="text" value="16"/>	Offset angle in degrees
Number of blades <input type="text" value="4"/>	Used to calculate theoretical chord
Coefficient of lift <input type="text" value="0.85"/>	Used to calculate theoretical chord
Stations <input type="text" value="20"/>	Number of points in graph
Paper width (mm) <input type="text" value="297"/>	Used for printing plan. A4 landscape approx 260mm
Paper height (mm) <input type="text" value="210"/>	Used for printing plan. A4 landscape approx 180mm
<input type="button" value="Calculate"/>	

Gbr 10. Blade Kalkulator

Maka hasil printout dari kalkulator dapat di lihat pada gambar 11. untuk lebih jelasnya gambar dapat di lihat pada lampiran 1, gambar ini di print pada kertas dan di tempelkan pada pipa 8 inch kemudian di gambar mengikuti garis berwarna biru, setelah di garis di potong menggunakan gerenda listrik.



Gbr 11. Dimensi Blade

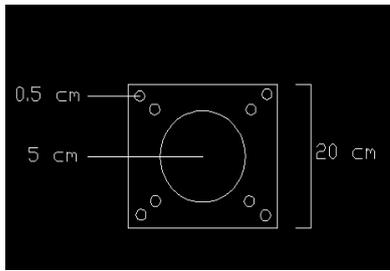
Pengerjaan dapat di lihat pada gambar 12.



Gbr 12. Blade Pipa PVC

D. Perancangan Plat Duduk Generator

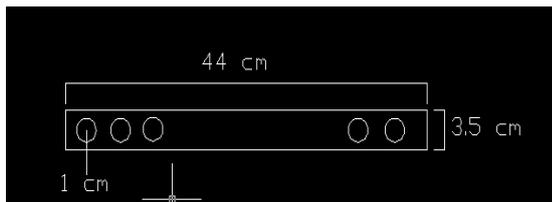
Plat dudukan generator menggunakan plat besi berbentuk segi empat dengan panjang 20 cm dan ketebalan 5 mm, karena dalam perancangan turbin menggunakan empat blade. Dapat di lihat pada gambar 13.



Gbr 13. Plat Duduk Generator

E. Perancangan Plat Hubung Blade Ke Generator

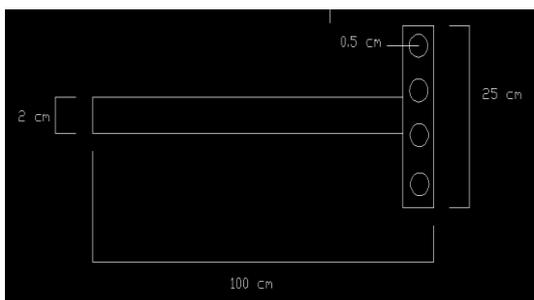
Plat penghubung untuk dudukan blade ini menggunakan plat strip dengan ukuran 2 inch dan panjang 44 cm. Dapat di lihat pada gambar 14.



Gbr 14. Plat Hubung Blade Ke Generator

F. Perancangan Rangka Untuk Sirip Ekor

Pada perancangan ini sirip ekor menggunakan besi galvanis dengan panjang 1 meter dan diameter 1 inch, pada ujungnya di tempelkan plat strip dengan panjang 25 cm. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar 15.



Gbr 15. Rangka Untuk Sirip Ekor

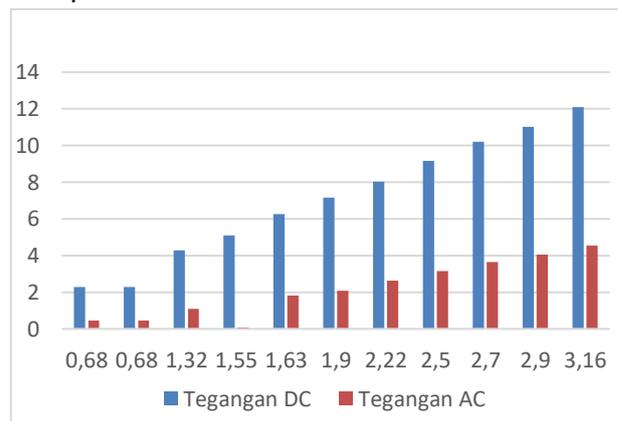
Perancangan turbin angin menggunakan motor brushless BLDC hoverboard 24 volt 250Watt dioperasikan sebagai generator 50 watt diperoleh panjang blade 102 cm lebar blade 11,6 cm menggunakan pipa PVC 8 inch.

G. Pengujian Kecepatan Generator

Generator yang digunakan adalah motor brushless BLDC hoverboard 24 volt Pengujian dilakukan untuk mengetahui tegangan yang dibangkitkan dengan mengatur putaran dari putaran terendah hingga mencapai tegangan 12 V DC untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL III
Kecepatan Generator

NO	Speed x 10	Tegangan DC	Tegangan AC
1	0,68	2,29	0,44
2	0,68	2,29	0,44
3	1,32	4,29	1,09
4	1,55	5,11	1,42
5	1,63	6,26	1,82
6	1,90	7,17	2,08
7	2,22	8,02	2,63
8	2,50	9,17	3,15
9	2,70	10,22	3,65
10	2,90	11,02	4,05
11	3,16	12,10	4,55
Rata rata	1,95	7,16	2,33



Gbr 16. Grafik Kecepatan Generator

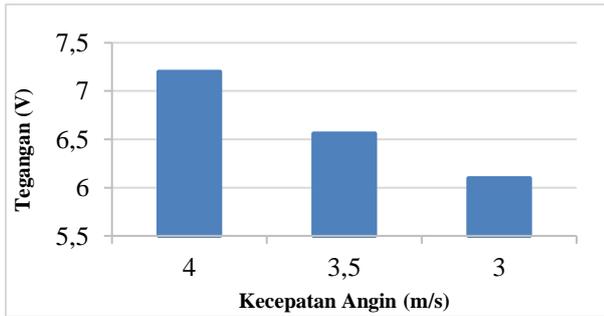
Berdasarkan data tabel 3 untuk kecepatan rata-rata sebesar 1,95 rpm, tegangan rata-rata sebesar 7,16 Volt DC, dan tegangan rata-rata sebesar 2,33 Volt AC. untuk mencapai kecepatan yang diinginkan sebesar 316 rpm yang menghasilkan tegangan 12 Volt DC.

H. Pengujian Turbin Angin Tak Berbeban

Pengambilan data pengujian Pembangkit listrik tenaga angin tanpa beban, menggunakan generator brushless BLDC Hoverboard 24 Volt dengan power output 24 Watt, 4 buah blade yang terbuat dari pipa 8 inchi, panjang tiang 2,90 cm, dan anemo meter untuk pengukuran kecepatan angin, multimeter untuk melihat tegangan dan arus, diperlihatkan seperti pada tabel 4.

Tabel IV
Pengujian Turbin Angin Tak Berbeban

No	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	4,0	7,2	0
2	3,5	6,5	0
3	3,0	6,1	0



Gbr 17. Pengujian Turbin Angin Tak Berbeban

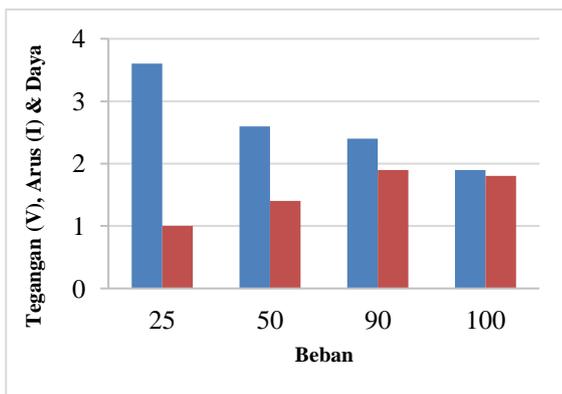
Dari tabel 4 dan gambar 17 pada kecepatan angin 4 m/s diperoleh tegangan 7,2 volt, pada kecepatan angin 3,5 m/s tegangan yang dihasilkan 6,5 volt, pada kecepatan angin 3 m/s dihasilkan tegangan 6,1 volt. Jadi semakin cepat kecepatan angin maka semakin besar tegangan yang di hasilkan.

I. Pengujian Turbin Angin Berbeban

Pada pengujian berbeban dilakukan pemberian beban – beban yang berbeda yaitu 25 W, 50 W, 90 W dan 100 W. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 dan grafik gambar 18 yang memperlihatkan semakin besar beban semakin rendah tegangan dan semakin tinggi arus yang di dapat. Pada pengujian kondisi lampu yang di hasilkan adalah redup ini disebabkan oleh daya yang dihasilkan tidak efektif.

Tabel V
Pengujian Turbin Angin Berbeban

No	Beban	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (I)	Keterangan
1	25	4,0	3,6	1,0	Redup
2	50	4,0	2,6	1,4	Redup
3	90	4,0	2,4	1,8	Redup
4	100	4,0	1,8	1,9	Redup



Gbr 18. Pengujian Turbin Angin Berbeban

Tabel VI
Perhitungan Daya Turbin

Beban (Watt)	Daya (Watt)	Pemakaian Daya (%)
25	3,6	14,40%
50	3,64	7,28%
90	3,9	4,33%
100	3,42	0,15%

Dari tabel 6 dapat dilakukan perhitungan kekurangan daya yang di bangkitkan oleh generator, sehingga lampu menjadi redup. Pada beban 25 watt pemakaian daya sebesar 14,40%, pada beban 50 watt pemakaian dayanya sebesar 7,28 %, pada beban 90 watt pemakaian dayanya sebesar 4,33% dan Lampu yang paling redup adalah lampu 100 watt karena pemakaian daya 0,15 % dari 100 watt.

J. Pengujian Pembangkit Hybrid

Pembangkit Hybrid merupakan gabungan dari pembangkit tenaga surya dan tenaga angin. Pada pengujian pembangkit hybrid dilakukan tidak berbeban dan berbeban, untuk data pengujian tidak berbeban terdapat pada tabel VII sedangkan pengujian berbeban terdapat pada tabel 8 berikut :

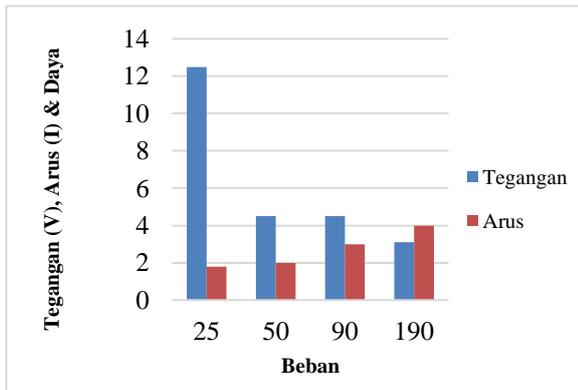
Tabel VII
Pengujian Pembangkit Hybrid Tidak Berbeban

No	Tegangan (V)	Arus (I)
1	20,92	0

Tabel VIII
Pengujian Pembangkit Hybrid Berbeban

No	Beban (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Keterangan
1	25	12,49	1,8	Hidup
2	50	4,5	2,0	Hidup
3	90	4,5	3,0	Hidup
4	190	3,1	4,0	Hidup

Pengujian pada pembangkit hybrid dilakuan dengan memberikan beban yang berbeda. untuk melihat perubahan tegangan keluaran dan arus keluaran terhadap beban - beban tersebut. Untuk hasilnya dapat dilihat pada gambar 19.



Gbr 19. Hasil Pengujian Pembangkit Hybrid

Dari gambar 19 dapat dilihat untuk tegangan di peroleh hasil semakin tinggi beban yang di berikan semakin rendah tegangan yang dihasilkan sedangkan untuk arus semakin tinggi beban yang diberikan semakin tinggi arus yang dihasilkan.

Hasil pengujian tertera pada tabel 8 dan pada gambar 19 dapat dilihat bahwa hasil dari pengujian terhadap perbedaan beban menghasilkan hasil yang menunjukkan penurunan, peningkatan yang sedikit, dan terus menurun. Hal ini disebabkan pada pemberian beban 50 dan 90 memiliki tegangan yang sama. Daya yang paling tinggi di hasilkan pada pemberian beban 25 W dengan tegangan 12 V, arus 1,8 A dan daya 22,482. Pengujian pada pembangkit hybrid kondisi lampu hidup yang membuktikan bahwa daya yang dihasikan efisien.

Dari pengujian turbin angin dan pembangkit hybrid dapat dilakukan perhitungan kenaikan daya seperti terlihat pada tabel 9. Dari dua pengujian, dan perhitungan pembangkit hybrid menghasilkan daya yang paling besar dari pada pembangkit angin, yang dibuktikan dengan pemberian beban dapat membuat kondisi lampu tetap hidup. Dari tabel VI dan tabel VIII dapat di lakukan perhitungan kenaikan daya setelah di hubungkan paralel antara turbin angin dan solar panel.

Tabel IX
Hasil Perhitungan Kenaikan Daya

Beban (Watt)	Daya	Pemakaian Daya (%)	Kenaikan Daya (%)
	(W)		
25	22,482	89,93%	75,53%
50	9	18,00%	10,72%
90	13,5	15,00%	10,67%
100	12,4	12,40%	11,85%

Setelah di lakukan hybrid terjadi kenaikan daya seperti terlihat pada tabel 9 pada beban terendah 25 watt sebesar 75,53%, pada 50 watt sebesar 10,72%, pada beban 90 watt sebesar 10,67% dan beban yang tertinggi 100 watt sebesar 11,85%, jadi pembangkit hybrid dapat memperbaiki tegangan dan daya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, dapat di ambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

Perancangan turbin angin menggunakan motor brushless BLDC hoverboard 24 volt 250Watt dioperasikan sebagai generator 50 watt diperoleh panjang blade 102 cm lebar blade 11,6 cm menggunakan pipa PVC 8 inch, kecepatan angin 4 m/s diperoleh tegangan 7,2 volt, pada kecepatan angin 3,5 m/s tegangan yang dihasilkan 6,5 volt, pada kecepatan angin 3 m/s dihasilkan tegangan 6,1 volt. Jadi semakin cepat kecepatan angin maka semakin besar tegangan yang di hasilkan.

Pengujian turbin angin pada beban 25 watt, 50 watt, 90 watt, 100 watt, kekurangan daya yang di bangkitkan oleh generator, sehingga lampu menjadi redup. Pada beban 25 watt pemakaian daya sebesar 14,40% Lampu yang paling redup adalah lampu 100 watt karena pemakaian daya 0,15 % dari 100 watt. Setelah di lakukan hybrid terjadi kenaikan daya pada beban terendah 25 watt sebesar 75,53%, pada 50 watt sebesar 10,72%, pada beban 90 watt sebesar 10,67% dan beban yang tertinggi 100 watt sebesar 11,85%, jadi pembangkit hybrid dapat memperbaiki tegangan dan daya.

REFERENSI

- [1] Pudjanarsa Astu, 2006, **Mesin Konversi Energi**, Yogyakarta, Penerbit ANDI.
- [2] Y. Daryanto, 2007, **Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu**, Yogyakarta.
- [3] Andika M.N, Trharyanto Y.T, Prasetya R.O., 2007, **Kincir Angin Sumbu Horizontal Bersudu Banyak**, Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- [4] Hasan,H., (2012), **Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dipulau Saugi**, Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan vol.10 no.2.
- [5] Hardiantono, D., & Sumbung,F.H. (2016). **Rancang Bangun Unit Pembangkit Listrik Dan Modul Pengukurannya Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Angin Dan Matahari)**. Muatek Amin Ha,5(3),231-245.