

Pemanfaatan Alternator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Mirza¹, Rakhmad Syafutra Lubis², Mansur Gapy³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jln. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh, 23111, Indonesia

¹mirzaelektro12@gmail.com

²rakhmadslubis@unsyiah.ac.id

³mansur.gapi@unsyiah.ac.id

Abstrak— Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat sementara ketersediaan terbatas sehingga dibutuhkan sumber energi cadangan. Salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik adalah energi angin. Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki potensi angin yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) baik di tepian pantai atau bukit-bukit. Turbin angin merupakan suatu sistem yang dapat merubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanis untuk menggerakkan putaran pada alternator. Dalam penelitian ini energi angin yang tersedia dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin yang dirancang agar dapat menghasilkan energi listrik melalui alternator. Pemanfaatan energi angin ini, dilakukan beberapa tahapan, diantaranya merancang turbin angin dan memodifikasi alternator menjadi generator kecepatan rendah. Berdasarkan hasil yang telah didapat dilapangan, alternator dapat mengeluarkan tegangan listrik dengan memanfaatkan energi angin. Dengan kecepatan angin sebesar 3 m/detik sampai dengan 7,1 m/detik akan memutarakan turbin angin yang dapat memutarakan alternator dengan kecepatan 50 rpm sampai 500 rpm dan tegangan keluaran maksimal sebesar 12,37 volt.

Kata kunci— Angin, Alternator, Turbin Angin, PLTB

I. PENDAHULUAN

Salah satu alternatif energi yang ramah lingkungan adalah energi angin. Potensi angin yang ada dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik skala kecil, kurang dari 1 kWh, yang dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan peralatan listrik kapasitas kecil. Dengan mendesain alat konversi energi angin menjadi energi listrik yang sederhana, dan efisien. Hal ini memungkinkan masyarakat untuk merawat sendiri sehingga transfer teknologi berjalan dengan cepat [1].

Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) merupakan pembangkit yang mengubah energi melalui dorongan angin yang memutarakan turbin angin sehingga *alternator* menghasilkan tegangan listrik. Angin dengan jumlah yang cukup besar di beberapa wilayah di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk menghemat penggunaan bahan bakar minyak. Selain itu, PLTB juga bias dimanfaatkan untuk pengembangan pariwisata. Pada dasarnya, energi listrik yang dihasilkan sangat bergantung pada volume putaran angin [1].

Didalam sistem konversi energi angin turbin angin sangat berperan dalam mengubah energi angin menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Penelitian ini merancang, membuat, dan menguji prototipe turbin angin menggunakan turbin angin vertikal tipe H untuk ditempatkan di sekitar wilayah pantai sebagai penerangan para masyarakat pada malam hari.[3]

Penelitian ini mengusulkan turbin angin vertikal tipe H karena kecepatan angin yang bervariasi di wilayah penempatan turbin angin. *Alternator* yang dimanfaatkan merupakan *alternator* yang telah dimodifikasi sehingga dapat menghasilkan tegangan listrik pada putaran rendah.

II. STUDI LITERATUR

A. Energi Angin

TABEL I
SYARAT-SYARAT DAN KONDISI ANGIN YANG DAPAT DIGUNAKAN UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK

No	Kecepatan Angin (m/s)	Kondisi Alam di Daratan
1	0.00 – 0.02	–
2	0.30 – 1.50	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1.60 – 3.30	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.40 – 5.40	Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5.50 – 7.90	Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon
6	08.00 – 10.70	Ranting pohon besar bergoyang, bendera berkibar
7	10.80 – 13.80	Ranting pohon besar bergoyang
8	13.90 – 17.10	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.20 – 20.70	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.80 – 24.40	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.50 – 28.40	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.50 – 32.60	Menimbulkan kerusakan parah

Energi angin dapat dikonversikan ke dalam bentuk energi yang lain seperti energi listrik atau mekanik dengan

menggunakan turbin. Oleh karena itu turbin angin sering disebut sebagai sistem konversi angin. Energi angin merupakan energi hasil alam yang jumlahnya sangat melimpah dan tersedia terus menerus. Indonesia salah satu negara kepulauan yang memiliki hampir 17.500 pulau dengan panjang garis pantai lebih dari 81.290 Km. Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar yaitu sekitar 9,3 GW dan hingga saat ini total kapasitas yang baru terpasang sekitar 0,5 MW [4]. Tabel I menjelaskan syarat dan kondisi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

B. Energi Kinetik

Kincir angin merupakan suatu alat mesin konversi energi yang mengkonversikan energi angin menjadi daya yang berguna dalam bentuk putaran poros, angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu memiliki energi dalam bentuk energi kinetik. Jika angin menumbuk sudu pada suatu kincir angin, maka rotor pada kincir angin tersebut akan berputar dan kemudian diteruskan ke sistem kinerja pembangkit tenaga angin maka dapat menghasilkan suatu energi dari putaran yang dihasilkan tersebut. Beberapa Penggunaan kincir angin secara umum anatara lain yaitu, pompa air untuk keperluan rumah tangga, irigasi, pembangkit listrik, penggunaan pada industri-industri menengah dan lain sebagainya. [4]

Energi yang dimiliki oleh angin dapat dihitung dengan persamaan daya energi angin, yaitu

$$W = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

dimana W adalah energi angin (Watt), ρ adalah kerapatan udara (Kg/m^3), A merupakan area penangkapan angin (m^2), dan v adalah kecepatan angin (m/s).

Persamaan 1 merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada kincir angin yang ideal, dimana dianggap energi angin dapat dirubah seluruhnya menjadi energi kinetik, walaupun tidak secara keseluruhan. Pada kincir angin terdapat beberapa faktor efisiensi, baik efisiensi energi mekanik maupun efisiensi dari generator sehingga daya yang didapat dari energi angina dapat diketahui melalui persamaan (2)

$$W_{wt} = \eta_{wt} \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2)$$

dimana η_{wt} mendefinisikan efisiensi kincir angin (%).

C. Turbin Angin

Turbin angin merupakan turbin yang digerakkan oleh angin, melalui udara yang bergerak di atas permukaan bumi. Turbin angin pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, menggiling jagung dan memompa air. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan yang sangat signifikan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama wilayah dengan aliran angin yang relatif tinggi. Turbin angin banyak dibangun di Belanda, Denmark, dan negara-negara Eropa lainnya yang sering disebut dengan Windmill. Salah satunya adalah sebagai pembangkit listrik tenaga angin yang telah digunakan di Denmark sejak tahun 1980 [5]. Tabel II memperlihatkan tipe-tipe turbin serta kegunaannya.

Kincir angin dapat digolongkan menjadi dua tipe yaitu horizontal dan vertikal, namun yang paling banyak digunakan adalah kincir angin jenis horizontal. Kincir jenis ini mempunyai rotasi horizontal secara sederhana sejajar dengan arah tiupan angin.

Prinsip dasar kincir angin adalah mengkonversikan energi mekanik dari putaran menjadi energi listrik dengan induksi elektro magnetik. Putaran kincir dapat terjadi dengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desain batang kincir (blade). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang sangat memadai menjadi faktor utama dalam mengimplementasi teknologi kincir angin.

Perencanaan kincir angin harus disesuaikan dengan kebutuhan berdasarkan Tabel II maka dalam perancangan ini, kincir angin dapat digunakan sebagai pembangkit listrik dalam skala kecil. Kita dapat menentukan beberapa jumlah blade yang harus digunakan untuk berbagai penggunaan kincir angin. Demikian juga dengan perancangan jumlah blade yang digunakan yaitu 4 (empat) blade. Kincir angin yang menggunakan 4 (empat) Blade akan menghasilkan kecepatan tinggi dengan torsi yang rendah dan mempunyai solidarity yang rendah. ini khusus digunakan untuk menghasilkan tegangan listrik.

D. Generator

Generator merupakan alat pembangkit utama energi listrik yang dipakai sekarang ini dan merupakan alat koversi terbesar di dunia. Namun pada prinsipnya tegangan yang dihasilkan oleh generator bersifat bolak balik, sedangkan generator yang menghasilkan tegangan searah proses penyerahan didalamnya adalah kecil agar dapat dilakukan[8].

TABEL II
TIPE TURBIN ANGIN DAN KEGUNAANNYA

	Tipe	Kecepatan	Torsi	Cp	Solidarity	Penggunaan
Aksis Horizontal	Multi Blade	Rendah	Tinggi	0,25 – 0,40	50 – 80	Tenaga Mekanik
	Three Blade Aerfoil	Tinggi	Rendah	Sampai 0,45	Kurang dari 5	Produksi Listrik
Aksis Vertikal	Panemone	Rendah	Sedang	Kurang dari 0,1	50	Tenaga Mekanik
	Darriues	Sedang	Sangat Rendah	0,25 – 0,35	10 – 20	Produksi Listrik

Generator merupakan suatu mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi dari energi mekanis menjadi energi listrik. Prinsip generator dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis magnet. Generator adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, dengan menggunakan induksi elektromagnetik. [8]

Hukum faraday dapat dinyatakan dengan persamaan 3 berikut :

$$e = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (3)$$

dimana e merupakan gaya gerak listrik (GGL) induksi yang dibangkitkan (Volt), N adalah jumlah lilitan, $\Delta\Phi$ merupakan perubahan fluks magnetik (Webber), dan Δt adalah erubahan waktu (detik).

Selain itu, nilai GGL induksi dapat dinyatakan juga dengan persamaan 4 di bawah ini

$$e = B l v \quad (4)$$

dimana B adalah kerapatan medan magnet (Tesla), l adalah panjang kawat penghantar (m), serta v adalah kecepatan konduktor memotong medan (m/s).

III. METODE PENELITIAN

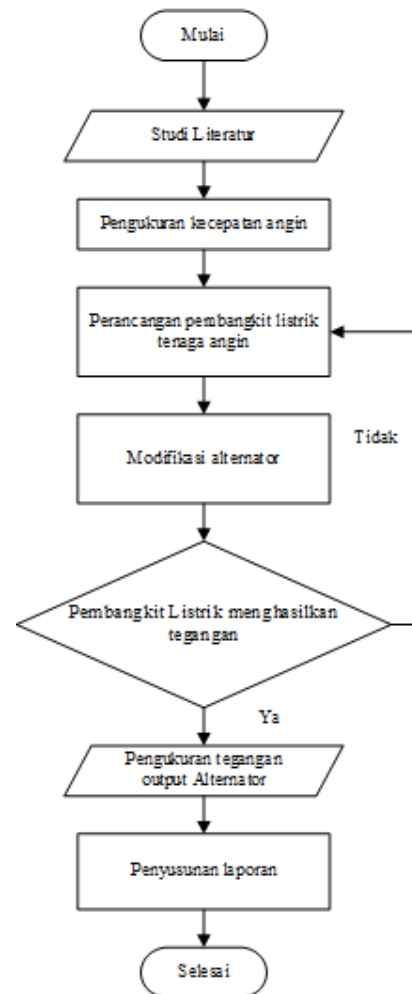
Penelitian ini dibagi atas 6 tahapan, yaitu dimulai dengan studi literatur, selanjutnya pengukuran kecepatan angin, perancangan pembangkit listrik tenaga angin, modifikasi alternator, pengukuran tegangan output alternator, serta penyusunan laporan akhir (Gambar 1).

A. Desain Modifikasi Alternator

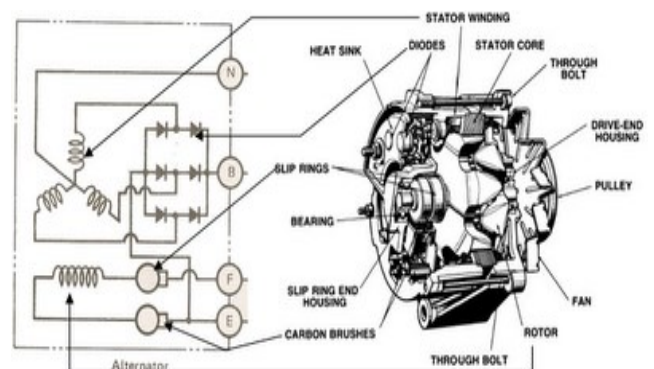
Pada proses modifikasi *alternator*, dilakukan beberapa tahapan sehingga dalam penelitian ini didapatkan hasil yang lebih ekonomis dan efisien. Perhitungan parameter *alternator* dan tahapan modifikasi *alternator* menjadi data sekunder untuk merancang kembali *alternator* untuk pembangkit listrik tenaga angin.

Alternator membangkitkan arus listrik dengan cara memutar magnet listrik (rotor coil) di dalam kumparan stator (stator coil). Pada saat beroperasi *alternator* membutuhkan arus eksitasi dari baterai yang berupa tegangan DC untuk membangkitkan medan magnet yang terdapat pada rotor. Saat magnet berputar didalam kumparan maka akan timbul arus bolak-balik pada kumparan. Pada *alternator* terdapat kumparan yg berjarak masing-masing 120° . Pada saat *alternator* berputar pada masing-masing kumparan akan timbul arus bolak-balik, yang berarti *alternator* membangkitkan arus bolak balik 3 phase, ujung dari tiap kumparan dihubungkan menjadi satu, dimana sambungan tengah kumparan itu disebut titik netral (netral point). Kelistrikan untuk pengisian baterai membutuhkan arus searah, oleh karena itu diperlukan dioda yang berfungsi untuk

merubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Tegangan yang dihasilkan *alternator* bervariasi bergantung dari kecepatan putaran dan banyaknya beban.



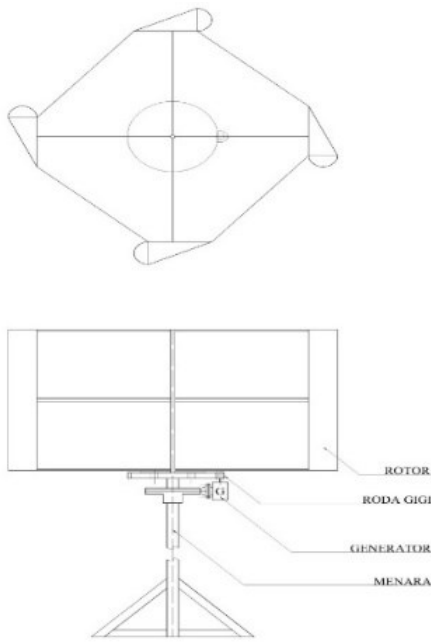
Gambar 1 Diagram alir penelitian



Gambar 2 Rangkaian alternator mobil

Alternator yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan *alternator* mobil dengan daya maksimum hingga 300 watt. Pemodelan *alternator* bertujuan untuk menghasilkan *alternator* yang dapat bekerja pada putaran rendah, sehingga dengan kecepatan angin yang rendah *alternator* dapat menghasilkan tegangan dan arus. Bagian *alternator* yang dimodifikasi pada bagian rotor dan stator. Rotor menggunakan kawat dengan diameter 0,85 mm dan pada stator menggunakan kawat dengan diameter 0,95mm.

B. Desain Permodelan Alat



Gambar 3 Desain Permodelan Alat

C. Rencana Pengujian Alat

1) *Pengujian Kinerja Alternator*: *Pengujian kinerja alternator* dilakukan pada laboratorium menggunakan beberapa alat, diantaranya *tachometer*, *multimeter*, *power supply* dan motor DC baldor. *Alternator* mobil yang digerakkan oleh motor DC baldor dan diatur kecepatan untuk menghasilkan tegangan nominal.

2) *Pengujian Kinerja Alternator yang Dihubungkan*: *Pengukuran kinerja alternator* digerakkan oleh turbin angin dan telah dihubungkan pada turbin angin. Pada tahap ini pengambilan data pengukuran dilakukan dengan mengukur kecepatan angin, putaran turbin, putaran *alternator*, dan tegangan *output* yang dihasilkan oleh *alternator*. Tegangan GGL induksi yang dibangkitkan tergantung pada jumlah lilitan dalam kumparan dan kuat medan magnetik. Semakin kuat medan magnetic, maka tegangan yang diinduksikan dari generator itu sendiri.



Gambar 4 pengujian kinerja alternator di laboratorium



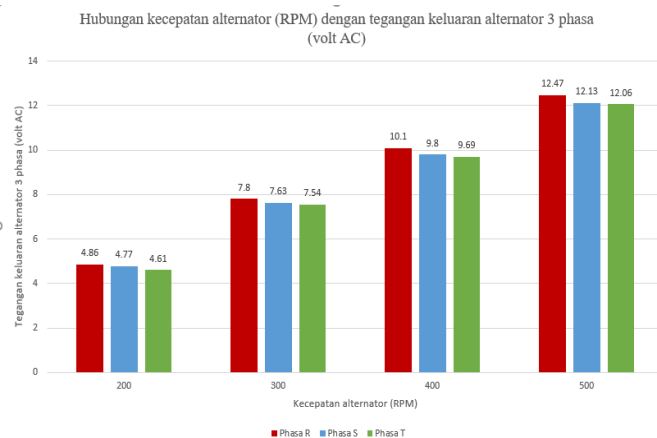
Gambar 5 pengujian kinerja alternator yang telah dihubungkan pada turbin angin di lapangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian Modifikasi Alternator

TABEL III
PENGUJIAN ALTERNATOR DI LABORATORIUM

Kecepatan alternator (RPM)	Tegangan Keluaran Alternator (Volt AC)		
	Phasa R	Phasa S	Phasa T
200	4,86	4,77	4,61
300	7,8	7,63	7,54
400	10,1	9,8	9,69
500	12,47	12,13	12,06



Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Alternator Di Laboratorium

Berdasarkan tabel 3 hasil pengujian di laboratorium tegangan keluaran *alternator* pada putaran 200 rpm menghasilkan tegangan 4,86 volt pada fasa R, 4,77 pada fasa S, dan 4,61 pada fasa T. Tegangan maksimum yang dihasilkan *alternator* pada fasa Pada putaran 500 rpm menghasilkan tegangan keluaran yang dihasilkan 12,47 volt. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan *alternator* akan bertambah besar apabila kecepatan putaran *alternator* semakin cepat.

B. Data Hasil Pengujian Alternator yang Terhubung dengan Turbin Angin

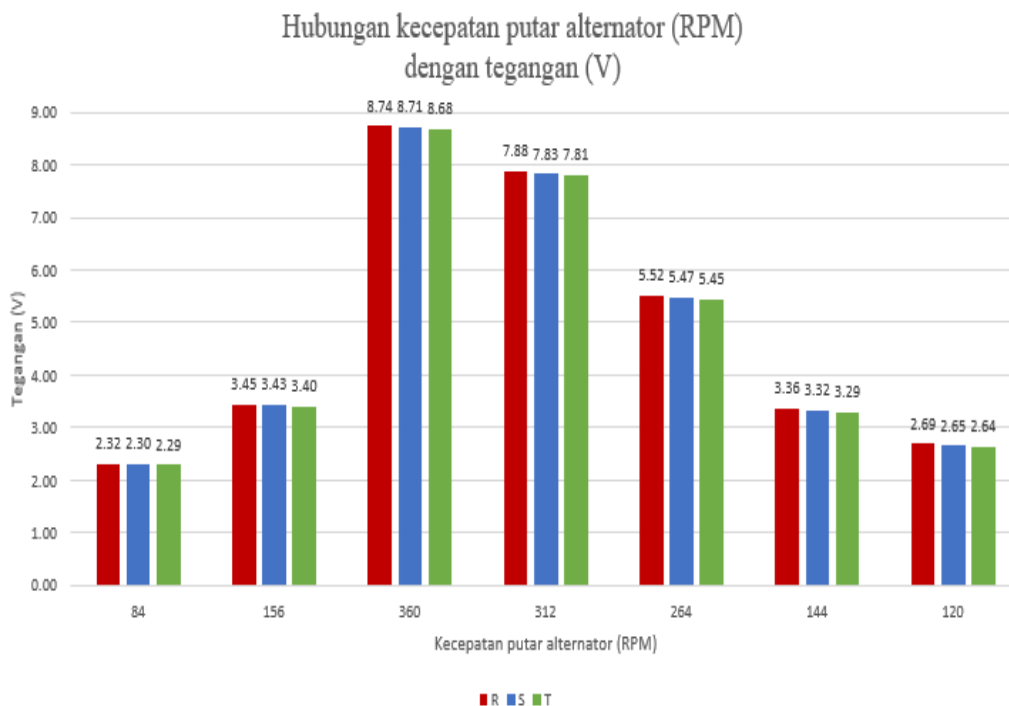
Tabel 4 dan 5, serta Gambar 7 dan 8 menjelaskan hasil pengujian *alternator* pada saat dihubungkan dengan turbin angin pada percobaan pertama dan percobaan kedua.

TABEL IV
PENGUJIAN ALTERNATOR SAAT DIHUBUNGAN PADA TURBIN ANGIN PADA PERCOBAAAAN PERTAMA

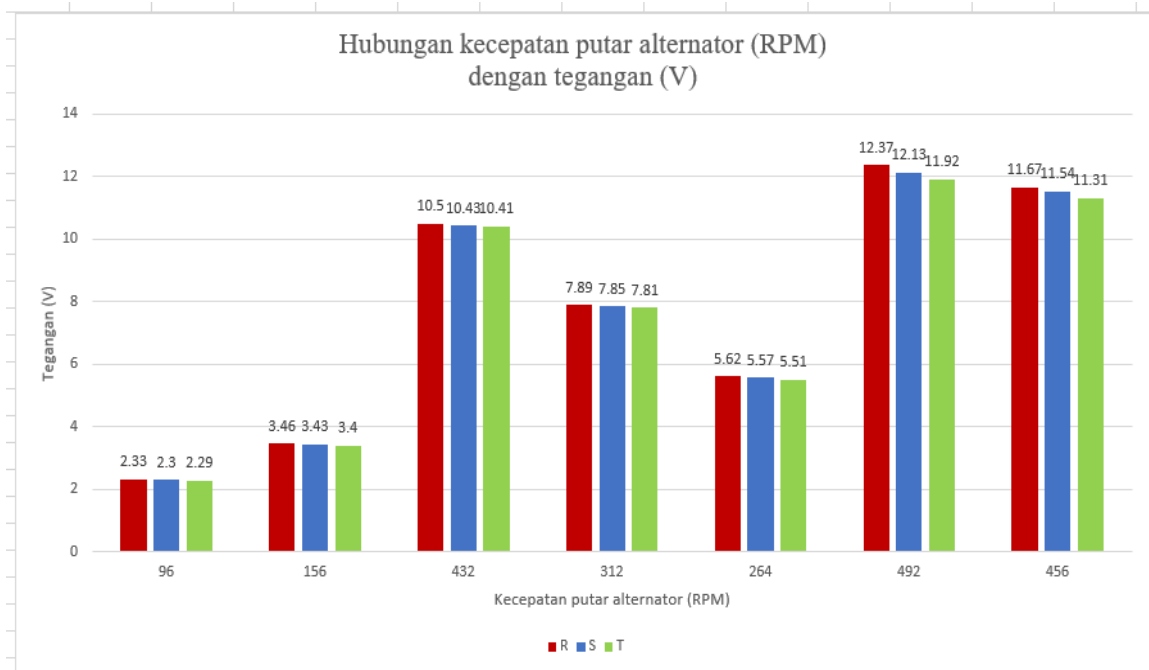
Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (RPM)	Kecepatan Putar Alternator (RPM)	Tegangan AC (Volt)		
				R	S	T
09.00	2,7	7	84	2,32	2,3	2,97
11.00	3,8	13	156	3,45	3,43	3,40
14.00	5,6	30	360	8,74	8,71	8,68
15.00	5,0	26	312	7,88	7,83	7,81
16.00	4,3	22	264	5,52	5,47	5,45
17.00	3,5	12	144	3,36	3,32	3,29
18.00	3,2	10	120	2,69	2,65	2,64

TABEL IV
PENGUJIAN ALTERNATOR SAAT DIHUBUNGAN PADA TURBIN ANGIN PADA PERCOBAAAAN KEDUA

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (RPM)	Kecepatan Putar Alternator (RPM)	Tegangan AC (Volt)		
				R	S	T
09.00	2,9	8	96	2,33	2,3	2,96
11.00	3,7	13	156	3,46	3,43	3,40
14.00	6,2	36	432	10,5	10,43	10,41
15.00	5,2	26	312	7,89	7,85	7,81
16.00	4,6	22	264	5,62	5,57	5,51
17.00	7,1	41	492	12,37	12,13	11,92
18.00	6,6	38	456	11,67	11,54	11,31



Gambar 7 Grafik hasil pengujian Alternator saat dihubungkan dengan turbin pada percobaan pertama



Gambar 8 Grafik hasil pengujian Alternator saat dihubungkan dengan turbin pada percobaan kedua

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengukuran kecepatan angin didapatkan kecepatan minimum 2,7 m/s dan kecepatan maksimum sebesar 7,1 m/s, dapat memutar *alternator* dengan putaran 500 RPM dan menghasilkan tegangan *alternator* sebesar 12,37 volt.
2. Potensi angin dipantai Alue Naga ini memiliki potensi angin yang cukup baik untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Angin, dimana kecepatan angin yaitu berkisar diantara 3 – 7 m/s.
3. Dengan menggunakan roda gigi dengan perbandingan 1:12 rasio peningkatan putaran adalah 12, sehingga untuk sekali putaran turbin angin akan menghasilkan 12 putaran *alternator*

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya Karya Ilmiah ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada: Bapak Dr. Rakhmad Syafutra Lubis, S.T., M.T., dan Bapak Ir. Mansur Gapy, M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah menyediakan banyak waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Elektro dan Komputer yang telah mengajarkan saya banyak ilmu, nasehat, dan dukungannya untuk menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada teman-teman Teknik Elektro angkatan 2012 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala suka dan duka yang telah kita lalui bersama-sama selama ini. Dan

akhirnya, terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian penelitian ini

REFERENSI

- [1] Faizal Zul Ardhi. 2011. "Rancang Bangun Charge Controller Pembangkit Listrik Tenaga Surya". Universitas Indonesia
- [2] Faizal Zul Ardhi. 2011. "Rancang Bangun Charge Controller Pembangkit Listrik Tenaga Surya". Universitas Indonesia.
- [3] Aditya putranto, 2012. "Rancang Bangun Turbin Angin Untuk Penerangan Rumah Tangga". Universitas Diponegoro
- [4] Daryanto, Y., 2007. "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- [5] Zuhail, 1988. "Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya". Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- [6] Hau, Eric. 2006. "Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Applications, Economics". Edisi 2. Springer: Berlin, Germany.
- [7] Wiranto Arismunandar, 2004, "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal Terhadap Kinerja Turbin Kinetik". Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 5 No. 2, pp 149-156
- [8] Ilhamdfabio. 2012. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil 100Va". Proyek Akhir. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [9] Setiono, Puji. 2006. "Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin". Universitas Negeri Malang
- [10] Y, Daryanto, "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu" BALAI PPTAGG-UPT -LAGG Yogyakarta 5 april 2007
- [11] Berahim, Hamzah. 1991. "Pengantar Teknik Tenaga Listrik" . Andioffset, Yogyakarta