

Pemanfaatan Turbin Angin Horizontal Pada Sepeda Motor Sebagai Pengisi Daya Portabel

Utilization Of Horizontal Wind Turbine On Motorcycle As Portable Power Charger

1st Chelsea Mentari
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

chelseamentari@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Wahmisari Priharti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.co.id

3rd Bandiyah Sri Aprilliah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bandiyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Di negara Indonesia masyarakatnya banyak sekali yang menggunakan sepeda motor, Namun energi angin yang didapatkan selama berkendara tidak dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu penelitian mengenai perancangan alat yang dapat memanfaatkan energi angin pada saat berkendara dengan sepeda motor untuk diubah menjadi energi listrik. Pada kegiatan tugas akhir ini telah dirancang turbin angin sumbu horizontal pada sepeda motor untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik pada saat berkendara. Pada alat yang telah dirancang dilakukan pengujian selama 3 hari di 3 waktu yang yaitu pagi hari, siang hari dan malam hari dengan kecepatan sepeda motor yang bervariasi yaitu 20km/jam, 40km/jam dan 60km/jam. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai rata-rata terendah dihasilkan pada pengujian pagi hari yaitu dengan nilai tegangan generator sebesar 3,5V; arus generator sebesar 0,013A; kecepatan angin 6,45m/s; kecepatan putaran turbin 734rpm. Sedangkan nilai rata-rata terbesar dihasilkan pada pengujian malam hari yaitu dengan nilai tegangan generator sebesar 3,906V; arus generator sebesar 0,031A; kecepatan angin 7,183m/s; kecepatan putaran turbin 957,21rpm.
Kata kunci : Turbin Angin sumbu horizontal, Sepeda motor, Baterai.

Abstract

In Indonesia, many people use motorcycles, however the wind energy they get while driving is not utilized. Therefore, a research on the design of a device that can utilize wind energy when riding a motorbike is needed to be converted into electrical energy. In this final project, a horizontal axis wind turbine on a motorcycle has been designed to convert wind energy into electrical energy while driving. The tool that has been designed is tested for 3 days at 3 times, namely in the morning, afternoon and evening with varying motorcycle speeds, namely 20km/hour, 40km/hour and 60km/hour. From the tests carried out, the lowest average value was obtained in the morning test, namely the generator voltage value of 3.5V; generator current of 0.013A; wind speed 6.45m/s; turbine rotation speed 734rpm. While the largest average value is produced in the night test, namely the generator voltage value

of 3.906V; generator current of 0.031A; wind speed 7.183m/s; turbine rotation speed of 957,21rpm.

Keywords: Horizontal axis wind turbine, motorcycle, battery.

I. PENDAHULUAN

Di negara Indonesia masyarakatnya banyak sekali yang menggunakan sepeda motor, hal ini terbukti dengan adanya data pada Badan Pusat Statistik yang menyatakan bahwa jumlah sepeda motor di negara Indonesia pada tahun 2019 mencapai 112 771 136 Unit[1]. Namun energi angin yang didapatkan selama berkendara tidak dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Pada kegiatan tugas akhir ini diusulkan untuk mengubah energi angin yang didapatkan pada saat berkendara dengan sepeda motor menjadi energi listrik.

Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) yang kita kenal pada umumnya ada dua yaitu turbin angin dengan sumbu horizontal dan turbin angin dengan sumbu vertikal. Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor[2]. Sedangkan turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin[3]. Pada penelitian ini penulis akan memanfaatkan turbin angin dengan sumbu horizontal karena desain dari turbin angin sumbu horizontal lebih efisien dibandingkan turbin angin vertikal. Pada penelitian ini energi gerak angin hanya didapatkan dari satu arah yaitu bagian depan motor. Turbin akan mengkonversi energi angin yang didapatkan selama berkendara dengan sepeda motor menjadi energi listrik yang kemudian akan disimpan pada baterai. Dengan adanya penelitian ini diharapkan energi angin yang didapatkan pada saat berkendara dengan sepeda motor dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik dengan maksimal.

II. KAJIAN TEORI

A. Energi Angin

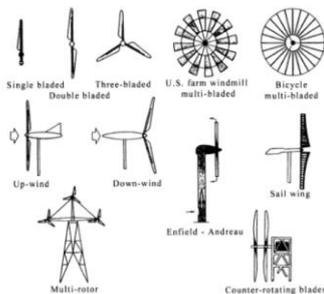
Energi angin merupakan *energy alternative* yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energy yang bersih dan terbarukan kembali[4]. Berdasarkan teori diatas energi angin aman untuk dimanfaatkan secara terus menerus oleh manusia. Angin merupakan udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan temperatur yang diakibatkan oleh paparan sinar matahari. Daerah yang memiliki temperatur yang tinggi akan memiliki tekanan yang rendah, sebaliknya daerah yang memiliki temperatur rendah memiliki tekanan yang tinggi. Udara akan mengalir dari daerah bertekanan tinggi kedaerah bertekanan rendah[5]. Aliran udara tersebut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan baling-baling pada turbin angin.

B. Turbin Angin

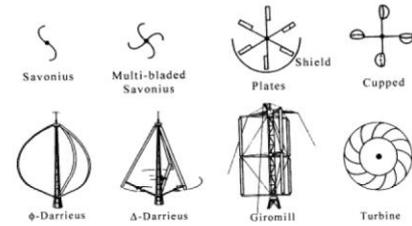
Turbin angin adalah sebuah alat yang memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubahnya kedalam bentuk energi gerak putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Energi gerak yang berasal dari angin akan diteruskan menjadi gaya gerak dan torsi pada poros generator yang kemudian akan dihasilkan energi listrik[6]. Pada umumnya turbin angin ada dua jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal.

a. Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin[2]. Baling-baling pada turbin ini berputar dengan sumbu horizontal seperti baling-baling pada kincir angin, pesawat terbang atau kipas angin yang biasa kita gunakan pada kehidupan sehari-hari. Gambar 2.2 merupakan gambar beberapa macam jenis desain turbin angin sumbu horizontal.



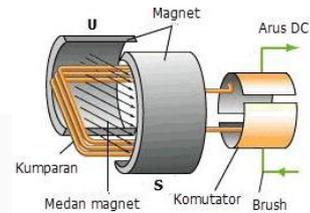
GAMBAR 2.2 Macam-macam Desain Turbin Angin Sumbu Horizontal



Gambar 2.3 Macam-macam Desain Turbin Angin Sumbu Vertikal

C. Generator DC

Generator adalah suatu mesin yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik[7]. Generator DC adalah generator yang menghasilkan arus searah. Prinsip kerja generator DC sama dengan generator AC. Namun, pada generator DC arah arus induksinya tidak berubah. Hal ini disebabkan cincin yang digunakan pada generator DC berupa cincin belah (komutator). Komutator menyebabkan terjadinya komutasi, peristiwa komutasi merubah arus yang dihasilkan generator menjadi searah[6]. Gambar 2.4 merupakan gambar dari bagian generator DC.



GAMBAR 2.4 Konstruksi Generator DC

Prinsip kerja generator berdasarkan hukum Faraday yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk GGL induksi[9]. Nilai dari GGL induksi dapat ditentukan dengan :

$$e = B \times l \times v \tag{2.1}$$

Dimana :

- e GGL induksi yang dibangkitkan [Volt]
- B kerapatan medan magnet [Tesla]
- l panjang kawat penghantar [m]
- v kecepatan konduktor memotong medan [m/s]

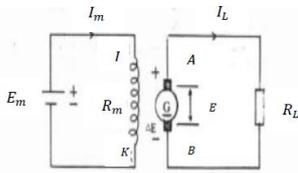
Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa GGL induksi yang dibangkitkan bergantung pada besarnya nilai kerapatan medan magnet, panjang kawat penghantar dan kecepatan konduktor memotong medan. Semakin besar nilai-nilai tersebut maka semakin besar pula nilai GGL induksi yang dibangkitkan.

b. Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin[3]. Turbin jenis ini jarang kita temukan pada kehidupan sehari-hari. Bilah baling-baling atau blade pada turbin ini berputar dengan sumbu vertikal. Gambar 2.3 merupakan gambar beberapa macam jenis desain turbin sumbu vertikal.

a. Generator DC Penguat Terpisah

Dengan terpisahnya sumber arus kemagnitan dari generator, berarti besar kecilnya arus kemagnitan tidak terpengaruh oleh nilai-nilai arus ataupun tegangan generator[7]. Gambar 2.5 merupakan gambar rangkaian listrik dari generator penguat terpisah.



GAMBAR 2.5 Rangkaian Listrik Generator DC Penguat Terpisah[7].

Dari rangkaian listrik generator terpisah diperoleh persamaan[7]:

Persamaan arus :

$$I_m = \frac{E_m}{R_m} \tag{2.2}$$

$$I_a = I_L$$

Persamaan tegangan :

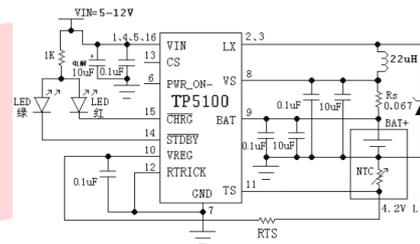
$$E = E_k + I_a R_a + \Delta E \tag{2.3}$$

Dimana :

E	GGL induksi yang terbentuk dililitan jangkar [Watt]
E _k	Tegangan jepit [Volt]
E _m	Tegangan penguat magnet [Volt]
ΔE	Kerugian tegangan pada sikat [Volt]
I _m	Arus kemagnitan [Ampere]
I _a	Arus jangkar [Ampere]
I _L	Arus beban [Ampere]
R _a	Tahanan lilitan jangkar [Ω]
R _m	Tahanan lilitan penguat [Ω]

D. Battery Management Sistem(BMS)

Battery management system merupakan suatu sistem elektronik yang berfungsi untuk mengatur, memonitoring dan menjaga baterai dari suatu kondisi yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai[10]. Battery Management System(BMS) dapat memperpanjang masa umur baterai pasalnya BMS mampu menjaga baterai dari kondisi *overcharging* dan *overdischarging* dengan cara memonitoring serta mengelola kondisi baterai. Sistem ini bekerja dengan cara memutus aliran arus ke baterai jika terjadi suatu kondisi yang dapat membahayakan baterai. Pada gambar 2.9 dapat dilihat salah satu contoh rangkaian dari Battery Management System(BMS) TP5100.



GAMBAR 2.6 Rangkaian Battery Management System TP5100.

E. Baterai

Baterai adalah alat untuk menyimpan sumber dari tenaga listrik dengan melalui proses elektrokimia sehingga sumber dari tenaga listrik dapat diubah menjadi tenaga kimia dan sebaliknya tenaga kimia menjadi tenaga listrik[11]. Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah baterai Lithium-Ion.

Baterai Li-ion atau lithium ion merupakan salah satu jenis baterai yang sekarang banyak digunakan karena baterai lithium-ion bila dibandingkan dengan baterai lainnya seperti Lead-Acid, NiCd dan Ni-MH, baterai lithium-ion memiliki fitur energi dan kerapatan daya yang tinggi, durasi hidup yang tahan lama dan ramah lingkungan, dan juga sudah banyak diaplikasikan pada peralatan elektronika yang beredar di pasaran[10]. Gambar 2.10 merupakan gambar dari baterai ion litium.



GAMBAR 2.7 Baterai Ion Litium.

F. Pengukuran Daya

a. Daya Angin

Daya atau energi yang ditransfer oleh angin akan mempengaruhi kecepatan putaran turbin. Semakin besar daya angin yang didapatkan maka semakin cepat pula turbin berputar. Daya angin dapat dihitung dengan persamaan energi kinetik yaitu sebagai berikut[12]:

$$E_k = 0,5 \cdot m \cdot v^2 \quad (2.4)$$

Dimana:

- E_k Energi Kinetik [Joule]
- m Masa Udara [Kg/m³]
- v Kecepatan Angin [m/s]

Masa udara yang mengalir persatuan waktu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$m = \rho \cdot A \cdot v \quad (2.5)$$

Dimana:

- ρ Masa jenis udara [Kg/m³]
- A Luas daerah sapuan sudu [m²]
- v Kecepatan angin [m/s]

Dari kedua persamaan diatas maka untuk menghitung daya angin dapat disederhanakan menjadi persamaan sebagai berikut[12]:

$$P_w = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (2.6)$$

Dimana :

- P_w Daya angin [Watt]
- ρ Masa jenis udara [Kg/m³]
- A Luas daerah sapuan sudu [m²]
- v Kecepatan angin [m/s]

b. Daya Turbin Angin

Daya turbin angin dapat dihitung dengan persamaan berikut[7]:

$$T = F \cdot r \quad (2.7)$$

Maka dapat diperoleh daya yang dihasilkan oleh turbin dengan persamaan:

$$P_t = T \cdot \omega \quad (2.8)$$

$$= T \frac{2\pi n}{60} \quad (2.9)$$

Dimana:

- P_t Daya yang dihasilkan turbin angin [Watt]
- T Torsi [Nm²]
- F Gaya putar [Nm]
- r Panjang lengan gaya [m]
- ω Kecepatan sudut [rad/s]
- n Putaran poros [RPM]

c. Daya Generator

Daya generator merupakan daya keluaran dari generator.

Nilai daya generator dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut[12]:

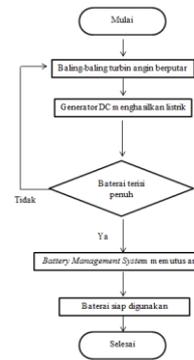
$$P_g = V_{generator} \cdot I_{generator} \quad (2.10)$$

Dimana:

- P_g Daya generator [Watt]
- V Tegangan [Volt]
- I Arus [Ampere]

III. METODE

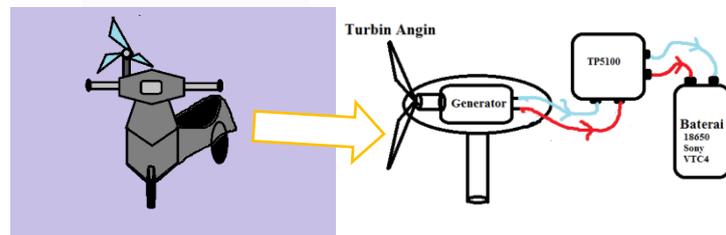
A. Diagram Alir Kerja Sistem



GAMBAR 3.2 Diagram Alir Kerja Sistem

Pada gambar 3.2 dijelaskan bagaimana berjalannya proses dari sistem yang dibuat di kegiatan tugas akhir ini. Sistem bermula dari baling-baling yang berputar karena energi kinetik angin ketika sepeda motor melaju. Baling-baling yang berputar akan mengakibatkan rotor pada generator berputar sehingga menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan dialirkan dan disimpan ke baterai melalui *battery management system*. *Battery management system* akan mendeteksi apakah baterai tersebut sudah terisi penuh atau belum. Jika baterai belum terisi penuh maka sistem akan terus mengalirkan arus dan mengisi baterai sampai penuh. Jika baterai sudah terisi penuh maka saklar pada battery management system akan memutus arus yang mengalir ke baterai sehingga tidak terjadi *overcharge* pada baterai. Kemudian baterai yang sudah terisi penuh siap digunakan.

B. Desain Perangkat Keras

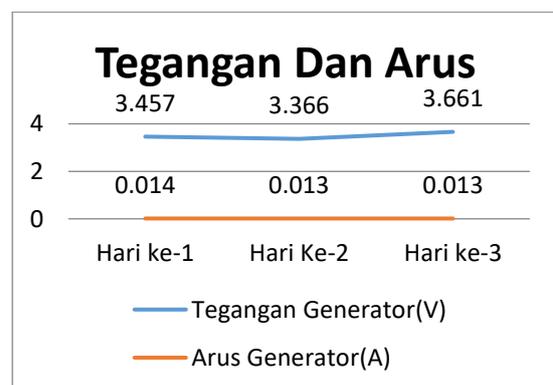


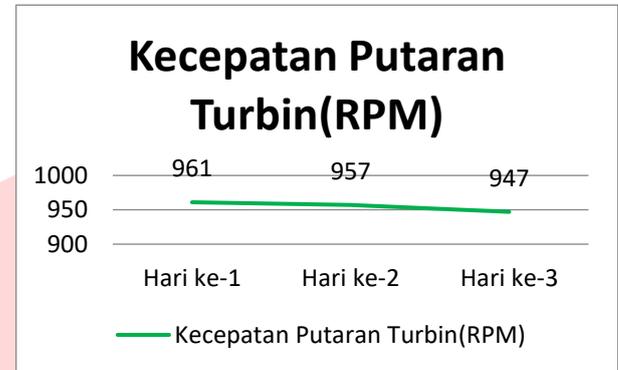
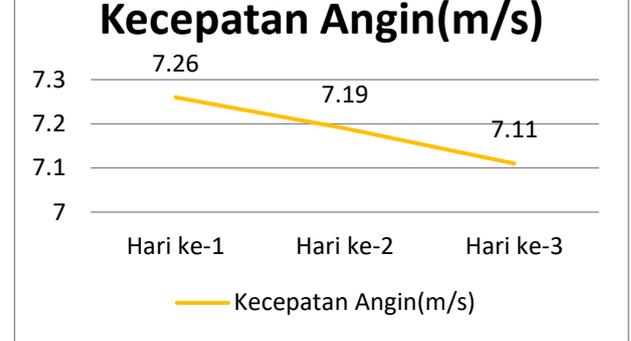
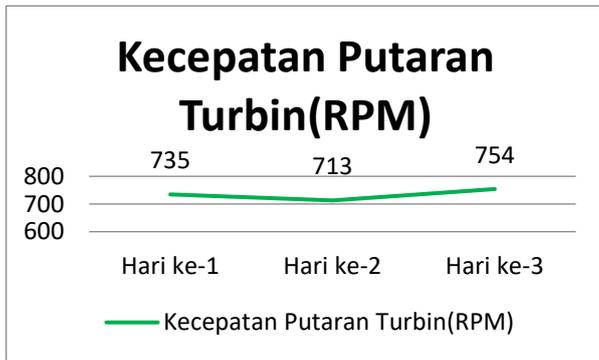
GAMBAR 3.3 Desain Perangkat Keras

Dari gambar 3.3 dapat kita lihat bahwa alat yang dirancang pada kegiatan tugas akhir ini adalah turbin angin sumbu horizontal berukuran kecil yang dipasang pada bagian depan sepeda motor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pagi Hari





GAMBAR 4.1 Grafik Pengukuran Arus, Tegangan, Kecepatan Angin Dan Kecepatan Putaran Turbin Pada Pagi Hari

GAMBAR 4.2 Grafik Pengukuran Arus, Tegangan, Kecepatan Angin Dan Kecepatan Putaran Turbin Pada Siang Hari

Berdasarkan grafik diatas perhitungan rata-rata nilai yang didapatkan pada pengujian diwaktu pagi hari selama 3 hari adalah sebagai berikut :

- a. Rata-rata tegangan generator:

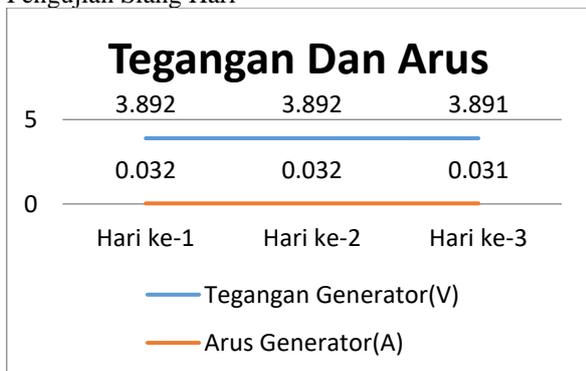
$$= \frac{18(3,475) + 18(3,366) + 18(3,661)}{18 + 18 + 18} = 3,5 V$$
- b. Rata-rata arus generator :

$$= \frac{18(0,014) + 18(0,013) + 18(0,013)}{18 + 18 + 18} = 0,013 A$$
- c. Rata-rata kecepatan angin :

$$= \frac{18(6,45) + 18(6,33) + 18(6,58)}{18 + 18 + 18} = 6,45 m/s$$
- d. Rata-rata kecepatan putaran turbin :

$$= \frac{18(735) + 18(713) + 18(754)}{18 + 18 + 18} = 734 RPM$$

B. Pengujian Siang Hari



Berdasarkan grafik diatas perhitungan rata-rata nilai yang didapatkan pada pengujian diwaktu siang hari selama 3 hari adalah sebagai berikut :

- a. Rata-rata tegangan generator:

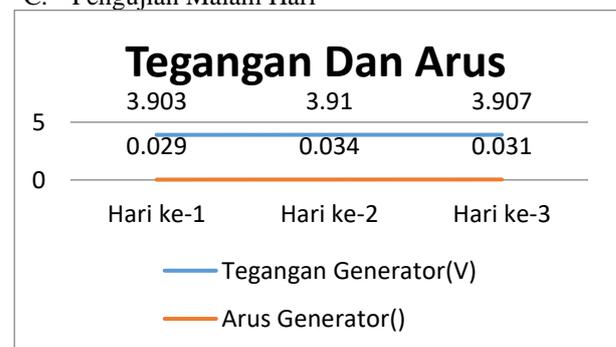
$$= \frac{18(3,892) + 18(3,892) + 18(3,891)}{18 + 18 + 18} = 3,891 V$$
- b. Rata-rata arus generator :

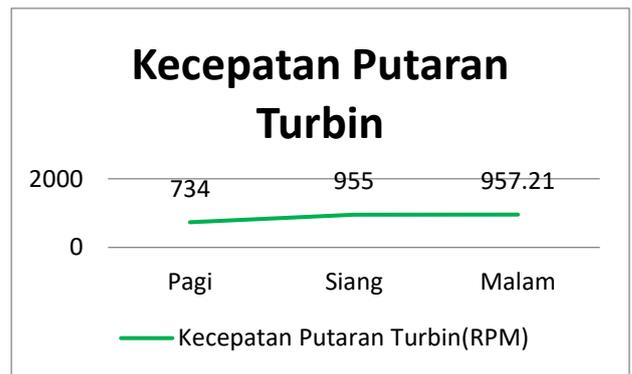
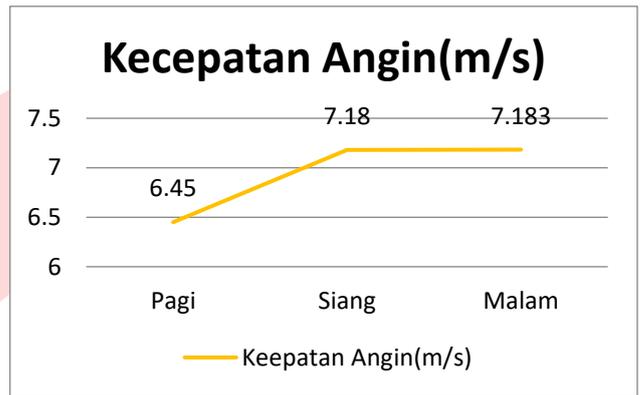
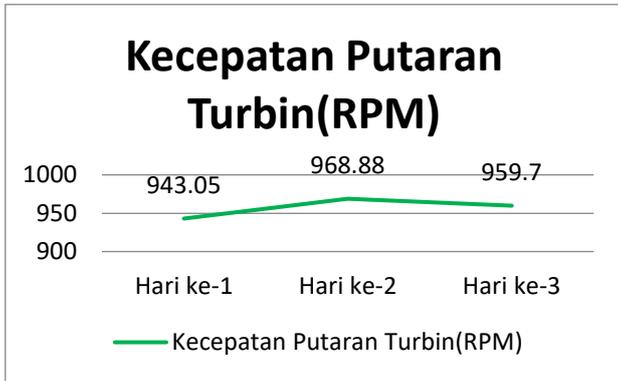
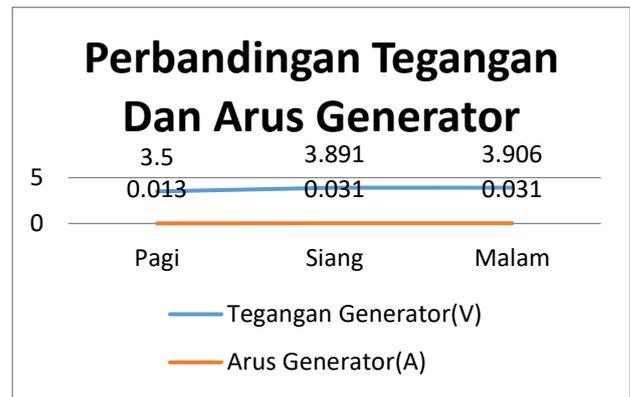
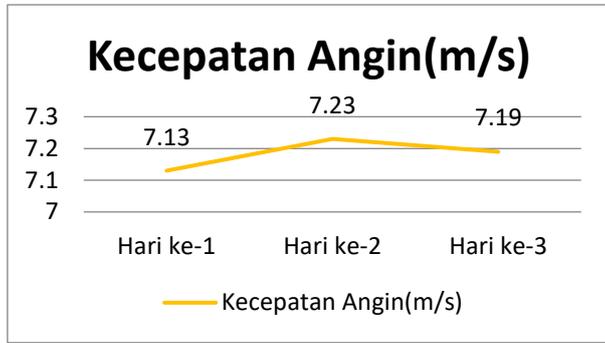
$$= \frac{18(0,032) + 18(0,032) + 18(0,031)}{18 + 18 + 18} = 0,031 A$$
- c. Rata-rata kecepatan angin :

$$= \frac{18(7,26) + 18(7,19) + 18(7,11)}{18 + 18 + 18} = 7,18 m/s$$
- d. Rata-rata kecepatan putaran turbin :

$$= \frac{18(961) + 18(957) + 18(947)}{18 + 18 + 18} = 955 RPM$$

C. Pengujian Malam Hari





GAMBAR 4.3 Grafik Pengukuran

Arus, Tegangan, Kecepatan Angin Dan Kecepatan Putaran Turbin Pada Malam Hari

Berdasarkan grafik diatas perhitungan rata-rata nilai yang didapatkan pada pengujian diwaktu malam hari selama 3 hari adalah sebagai berikut :

a. Rata-rata tegangan generator:

$$= \frac{18(3,903) + 18(3,910) + 18(3,907)}{18 + 18 + 18} = 3,906 V$$

b. Rata-rata arus generator :

$$= \frac{18(0,029) + 18(0,034) + 18(0,031)}{18 + 18 + 18} = 0,031 A$$

c. Rata-rata kecepatan angin :

$$= \frac{18(7,13) + 18(7,23) + 18(7,19)}{18 + 18 + 18} = 7,183 m/s$$

d. Rata-rata kecepatan putaran turbin :

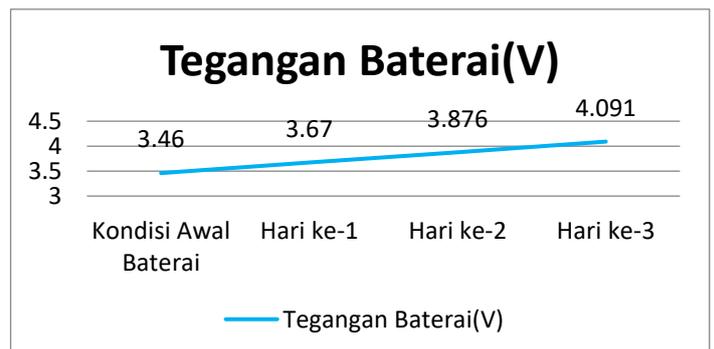
$$= \frac{18(943,05) + 18(968,88) + 18(959,7)}{18 + 18 + 18} = 957,21 RPM$$

D. Perbandingan Nilai Rata-Rata Pengujian Pada Pagi, Siang Dan Malam Hari Selama 3 Hari

GAMBAR 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Rata-Rata Pengujian Pada Pagi, Siang Dan Malam Hari Selama 3 Hari

Berdasarkan grafik diatas nilai terkecil dari tegangan, arus, kecepatan angin dan kecepatan putaran turbin didapatkan pada saat pengujian pagi hari. Sedangkan nilai terbesar dari tegangan, arus, kecepatan angin dan kecepatan putaran turbin didapatkan pada pengujian malam hari.

E. Pengukuran Tegangan Baterai



GAMBAR 4.5 Grafik Pengukuran Tegangan Baterai
Selama Pengujian Hari Ke-1, Ke-2 Dan Ke-3

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan baterai selama pengujian hari ke-1, ke-2 dan ke-3 semakin meningkat. Itu berarti baterai mampu terisi oleh alat yang dirancang. Dari kondisi awal tegangan hingga pengujian hari ke-3 tegangan baterai meningkat sebesar 0,631V.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

- A. Dengan menggunakan turbin angin sumbu horizontal untuk mengkonversi energi angin pada saat berkendara dengan sepeda motor sehingga didapatkan hasil:
 - a. Nilai rata-rata tegangan generator yang diperoleh pada saat pengujian pagi hari adalah sebesar 3,5V, siang hari sebesar 3,891V dan malam hari sebesar 3,906V.
 - b. Nilai rata-rata arus generator yang diperoleh pada pagi hari sebesar 0,013A, siang hari sebesar 0,031A dan malam hari sebesar 0,031A.
 - c. Nilai rata-rata kecepatan angin yang diperoleh pada pagi hari sebesar 6,45m/s, siang hari sebesar 7,18m/s dan malam hari sebesar 7,183m/s.
 - d. Nilai rata-rata kecepatan putaran turbin yang diperoleh pada pagi hari sebesar 734RPM, siang hari sebesar 955RPM dan malam hari sebesar 957,21RPM.
- B. Selama pengujian berlangsung tegangan baterai terjadi peningkatan sebesar 0,631V dari kondisi tegangan awal baterai sebesar 3,46V menjadi 4,091V
- C. Berdasarkan data yang diperoleh nilai terkecil dari tegangan generator, arus generator, kecepatan angin dan kecepatan putaran turbin didapatkan pada pengujian pagi hari. Sedangkan nilai terbesar dari tegangan generator, arus generator, kecepatan angin dan kecepatan putaran turbin didapatkan pada malam hari. Hal ini disebabkan oleh kondisi jalan pada malam hari lebih sepi dibandingkan siang dan pagi hari, sehingga energi kinetik angin yang didapatkan lebih maksimal.
- D. Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan hal yang perlu diperhatikan untuk mengembangkan alat ini menjadi lebih baik. Saran yang dapat diberikan penulis adalah sebagai berikut:

 - a. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan rangkaian penaik tegangan dan arus untuk memperoleh nilai tegangan dan arus yang lebih besar
 - b. Perlunya bahan yang mampu melindungi komponen pada alat ini agar tidak rusak jika terkena air
 - c. Perlunya lokasi atau tempat pengujian yang aman untuk keamanan serta untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis," *Badan pusat statistik*, 2019. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. [Accessed: 02-Dec-2019].
- [2] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, "Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen," *J. Inov.*, vol. 5, pp. 19–24, 2015.
- [3] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, "Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel," *J. Ilm. SETRUM*, vol. 5, no. 2, pp. 71–76, 2016.
- [4] A. D. N, M. Facta, and A. Nugroho, "Aplikasi konverter jenis push-pull dengan relai pemutus otomatis sebagai pengisi akumulator."
- [5] M. L. Dewi, "Analisa Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin," 2010.
- [6] M. M. Rafasandi, "Perancangan Mini Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Sepeda Motor," vol. 3, no. 2, 2018.
- [7] A. D. PRIYAMBODO and ..., "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya," *J. Tek. ...*, 2019.
- [8] F. Anggraini, "Pemanfaatan Energi Angin pada Sepeda Motor Bergerak Untuk Menyalakan Lampu," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2016.
- [9] J. Emitter, A. Budiman, A. R. Hakim, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Desain Generator Magnet Permanen untuk Sepeda Listrik," vol. 12, no. 01, pp. 59–67, 2005.
- [10] M. N. H. Lubudi, *RANCANG BANGUN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM ACTIVE BALANCING PADA BATERAI LI-ION 12V 2 , 5Ah*. 2020.
- [11] T. J. Nery, "Alat Pengisi Ulang (Charger) Portable Baterai Sepeda Motor dengan Indikator Tampilan Melalui LCD 16 X 2," no. Dc, pp. 3–13, 2012.
- [12] Mutiar and R. A. Yani, "Analisa Efisiensi Turbin Angin Berdasarkan Variasi Jumlah Sudu Di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya," pp. 36–43.