

Analisis Pemanfaatan Turbin Savonius Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Zulkarnain Lubis¹⁾, Heru Irwansyah²⁾, Solly Aryza³⁾, Selly Anissa⁴⁾

¹⁾Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara

^{2,3)}Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

⁴⁾Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan Sumatera Utara

*Korespondenemail: lubisdrzulkarnain@gmail.com

Abstrak

Turbin angin tipe Savonius adalah salah satu turbin angin poros vertikal (VAWT) yang biasa digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Jenis turbin ini biasanya digunakan khusus untuk kecepatan angin sedang dan rendah. Konstruksinya sederhana, yaitu hanya memiliki rotor utama yang berputar secara vertikal. Kelebihannya adalah dapat memanfaatkan angin dari segala arah, mampu bekerja dengan kecepatan rendah, serta ia tidak membutuhkan menara yang terlalu tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja turbin berdasarkan rotasi dan output generator beban. Metode yang digunakan adalah melakukan pengukuran langsung putaran turbin dan generator dalam kondisi tanpa beban dan kondisi muatan. Hasil penelitian diperoleh kecepatan angin rata-rata di desa Oenali adalah 4,66 m/s, dan turbin ini yang mampu memutar turbin Savonius dengan putaran rata-rata 631 rpm. Kemudian, pada putaran generator 1.243 rpm mampu menghasilkan daya output sebesar 7,20 watt. Selain itu, efisiensi generator rata-rata sebesar 35%, efisiensi harian tertinggi adalah 39%, dan efisiensi harian terendah adalah 37%.

Kata Kunci: Turbin Savonius, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, Angin, Generator

I. PENDAHULUAN

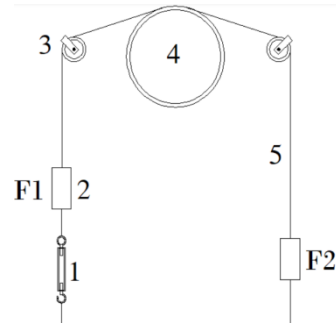
Salah Satu jenis turbin yang dapat dimanfaatkan dalam pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) adalah turbin angin tipe vertikal yakni turbin angin Savonius. Namun turbin Savonius memiliki kelemahan efisiensi yang rendah dibandingkan dengan turbin angin lainnya[1]. Menurut salah satu faktor yang menyebabkan efisiensi rendah adalah adanya rugi-rugi turbin karena pengaruh gaya kelembaban turbin serta rugi-rugi magnet dan rugi-rugi jangkar[2]. Walau demikian, turbin angin Savonius banyak digunakan sebagai sumber energi listrik. Karena keluaran daripada turbin tersebut dapat menggerakkan teknologi seperti pompa, irigasi dan lain-lain. Hal tersebut disebabkan karena turbin Savonius memiliki nilai torsi yang cukup tinggi sehingga memungkinkan memodifikasi sistem transmisi daya untuk peningkatan putaran[3].

Didalam sistem konstruksi turbin savonius yang sangat sederhana, dapat memanfaatkan angin dari segala arah dan tidak memerlukan tiang penyangga yang terlalu tinggi. Maka dalam memanfaatkan turbin angin sebagai alat pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) sangat dibutuhkan generator yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang baik. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem transmisi daya dengan menggunakan sabuk (belt) yang menghubungkan pulley penggerak dan pulley generator[4]. Untuk mengingat putaran turbin sangat tergantung dari kecepatan angin, maka putaran yang dihasilkan juga akan berfluktuasi sesuai kecepatan angin yang tersedia sehingga energi yang dibangkitkan juga

tidak akan secara kontinu[1]. Dalam penelitian ini menggunakan jenis generator DC magnet permanen berjenis *low speed* dimana dalam penggunaannya membutuhkan putaran yang relatif rendah sehingga dapat menghasilkan listrik akibat kecepatan angin terbatas untuk memutar turbin[5].

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan pengukuran langsung terhadap putaran turbin dan generator dalam kondisi tanpa beban dan kondisi dengan beban sesuai kecepatan angin yang terjadi selama penelitian[6]. Daya output turbin diperoleh dari perkalian antara gaya yang bekerja dengan jarak melalui pengukuran torsi sebagaimana pada skema penelitian berikut ini:

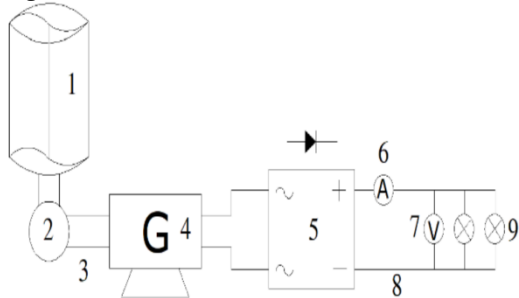


Gambar 1. Skema pengukuran torsi

Keterangan:

- Span Skrup
- Digital Timbangan Gantung
- Katrol Mini
- Pulley Turbin
- Tali Tambang

Pengukuran daya generator dilakukan sesuai dengan skema di bawah ini:



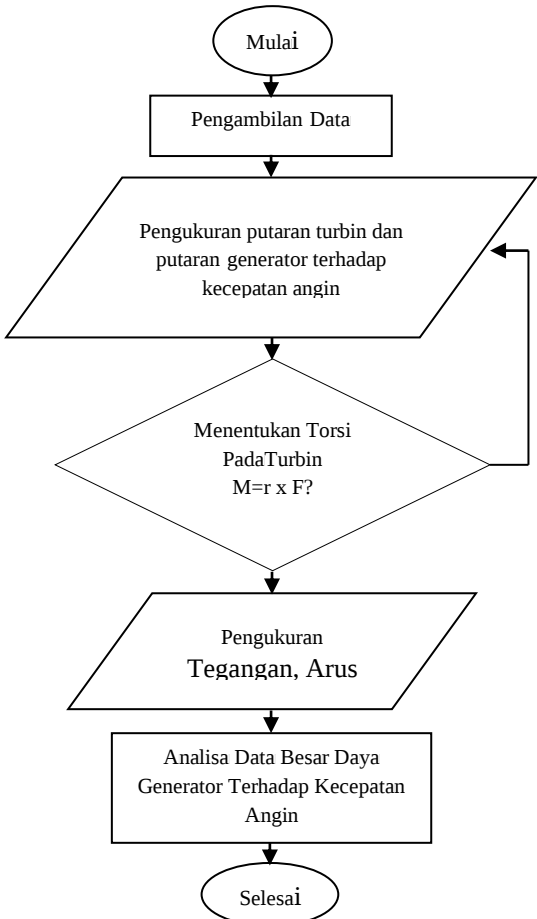
Gambar 2. Skema pengukuran daya generator

Dimana:

- a. Turbin Savonius
- b. Pulley Turbin
- c. Sabuk (Belt)
- d. Generator
- e. Dioda Kiprok
- f. Digital Amperemeter
- g. Digital Voltmeter
- h. Kabel NYA
- i. Lampu DC

Penelitian dilakukan dengan melakukan langkah dan urutan pengukuran berikut ini[7]:

- a. Mengukur kecepatan angin
- b. Mengukur torsi turbin
- c. Mengukur daya generator



Gambar 3. Alur Penelitian

III. HAIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sepsifikasi Turbin



Gambar 4. Turbin Savonius

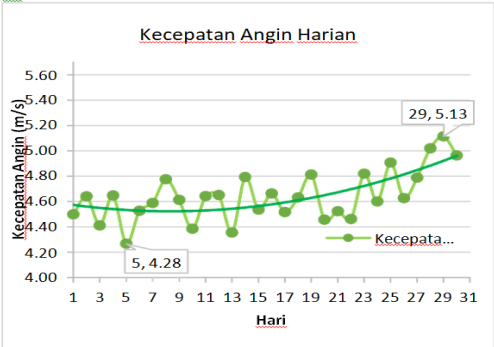
Tabel 1. Spesifikasi Turbin Savonius

Elemen	Dimensi	Spesifikasi
Double Blade Turbin	100 x 100 cm2	Paralon
Diameter	100 cm	Siku dan Paralon
Tinggi Menara	4 m	Besi
Type Turbin	Blade Kombinasi	Besi dan Paralon

Tabel 2. Spesifikasi Turbin Savonius

Model	Spesifikasi
Nilai Daya (W)	350W
Max Daya(W)	395W
Tegangan (V)	12 V /24V /48 V
Dinilai Diputar Kecepatan (r/m)	750 r/m
Top Berat Bersih (kg)	4,5kg
Output saat ini	AC
Mulai Torsi (Nm)	0,28 Nm
Generator	1 phase

Dalam proses pengambilan data pengukuran kecepatan angin dilakukan selama 1 bulan namun dalam bulan yang berbeda. Pengambilan data hari pertama dilakukan pada pertengahan bulan Juli dan pengambilan data hari terakhir dilakukan pada pertengahan bulan Agustus 2024 sebagaimana yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini:

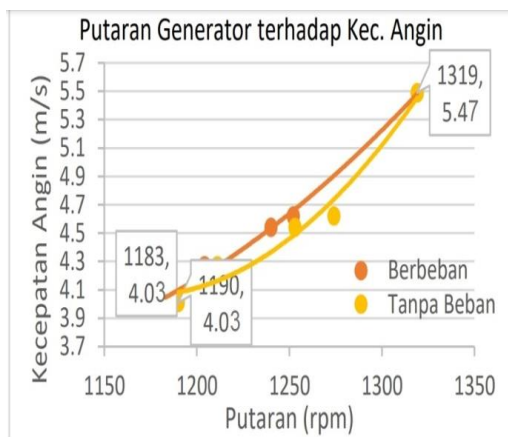


Gambar 5. Grafik Kecepatan Angin Hairan

Berdasarkan Gambar 5 grafik di atas dapat dilihat bahwa kecepatan angin tertinggi diperoleh sebesar 5,13 m/s pada pengukuran hari ke-29 sedangkan kecepatan angin terendah diperoleh sebesar 4,28 m/s pada pengukuran hari ke-5[8]. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa potensi angin di lokasi penelitian termasuk kategori skala sedang. Hasil analisis pengujian turbin dan generator terhadap kecepatan angin diperlihatkan pada Gambar 6.



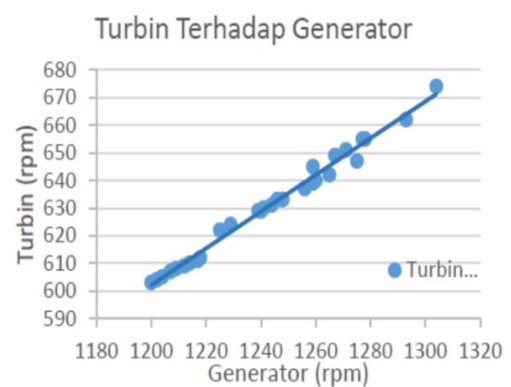
(a)



(b)

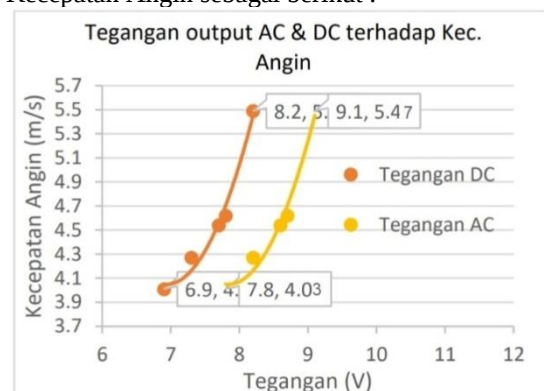
Gambar 6. Pengujian putaran turbin dan putaran generator terhadap kecepatan angin: (a) Turbin (b) Generator

Gambar 6 di atas memperlihatkan hasil pengujian putaran turbin dan generator dengan mengambil salah satu sampel hasil pengujian pada hari ke-7[9]. Gambar 6 (a) terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,03 m/s mampu menggerakkan turbin 598 rpm pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menggerakkan turbin 594 rpm. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,47 m/s mampu menggerakkan turbin pada putaran 694 rpm baik berbeban maupun tanpa beban. Begitupun pada Gambar 6 (b) terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,01 m/s mampu menggerakkan generator 1190 rpm pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menggerakkan generator 1183 rpm. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,47 m/s mampu menggerakkan generator pada putaran 1319 rpm baik berbeban maupun tanpa beban. Pada Gambar 7, grafik memperlihatkan perbandingan putaran turbin dan generator



Gambar 7. Putaran turbin terhadap putaran generator

Hasil analisis dari tegangan Output masing-masing untuk tegangan AC dan DC terhadap Kecepatan Angin sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik antara Tegangan dan Kecepatan Angin



Gambar 9. Grafik Tegangan Tanpa Beban dan Berbeban

Pengujian tegangan terhadap kecepatan angin dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mengukur tegangan keluaran langsung dari generator yang berupa tegangan AC dan keluaran pada Dioda Kiprok yang telah disearahkan menjadi tegangan DC[10]. Pada grafik diatas memperlihatkan hasil pengujian putaran turbin dan generator dengan mengambil salah satu sampel hasil pengujian pada hari ke-7. Gambar 8 diatas terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,03 m/s mampu menghasilkan tegangan AC sebesar 7,8 V sedangkan dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan

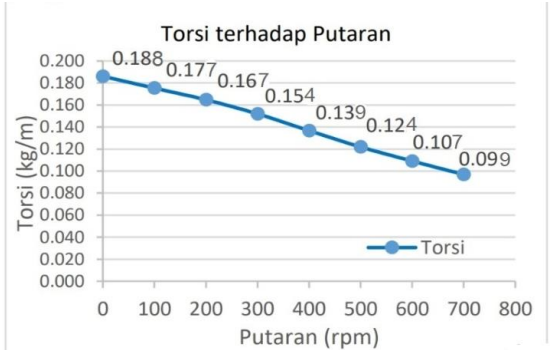
tegangan DC sebesar 6,9 V. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,47 m/s mampu menghasilkan tegangan AC 9,1 V sedangkan dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 8,2V. Begitu pula pada Gambar 9 diatas terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,03 m/s mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 9 V pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 6,9 V. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,47 m/s mampu menghasilkan tegangan DC 10,3 V pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 8,2 V.

3.2 Pengujian Torsi

Torsi adalah ukuran kekuatan atau gaya yang dapat menyebabkan objek berputar[11]. Adapun realisasi dari pengujian torsi turbin dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 3. PengujianTorsi Pada Trubin Savonius				
rpm(n)	F1 (kg)	F2 (kg)	F1-F2 (kg)	r(m)
700	1,153	0,676	0,478	0,205
600	1,418	0,883	0,538	0,205
500	1,822	1,222	0,601	0,205
400	2,427	1,754	0,674	0,205
300	3,121	2,373	0,749	0,205
200	3,838	3,027	0,812	0,205
100	4,665	3,802	0,864	0,205
0	5,636	4,718	0,917	0,205

Pengukuran Torsi dilakukan dengan menahan putaran pulley turbin pada kecepatan tertentu sehingga timbul gaya dan gaya tersebut akan membuat putaran turbin berkurang dan akhirnyaberhenti[12]. Berdasarkan Gambar dibawah ini terlihat bahwa torsi terendah diperoleh sebesar 0,099 pada putaran 700 rpm sedangkan torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,188 pada saat putaran ingin berhenti atau mengalami pengereman. Berdasarkan hasil pengolahan data torsi yang terukur menunjukkan bahwa torsi tertinggi terjadi pada saat putaran rendah sedangkan torsi terendah terjadi pada putaran tinggi, sebagaimana yang terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 10. Grafik Torsi terhadap Putaran

3.3 Daya Turbin

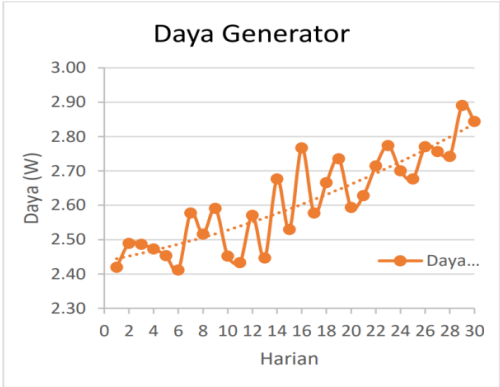
Daya output turbin merupakan daya input generator. Untuk mendapatkan daya turbin dapat

diperoleh dari data torsi turbin berdasarkan perubahan beban dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan torsi terhadap daya turbin

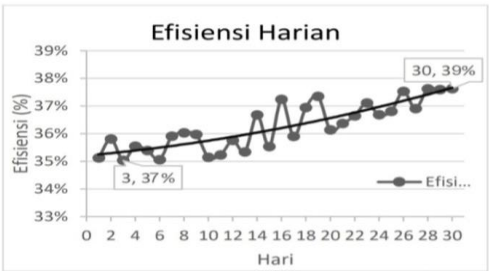
No	rpm	r (kg/m)	P (w)
1	700	0,099	7,103
2	600	0,107	6,855
3	500	0,125	6,382
4	400	0,139	5,727
5	300	0,154	4,775
6	200	0,167	3,452
7	100	0,177	1,837
8	0	0,186	0,000

Berdasarkan hasil perhitungan daya turbin seperti Tabel diatas diperoleh daya turbin yang terpasang di lokasi penelitian sebesar 7,103W.



Gambar 11. Pengujian Daya generator

Hasil perhitungan daya generator lainnya dapat dilihat pada Gambar di atas. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya terendah sebesar 2,43 W pada hari ke-6 dengan rata-rata putaran 603 rpm sedangkan daya tertinggi sebesar 2,87 W pada hari ke-29 dengan rata-rata putaran 675 rpm.



Gambar 12. Perhitungan Efisiensi Generator

Berdasarkan Gambar di atas dapat dilihat bahwa efisiensi terendah yang dimiliki generator adalah pengukuran pada hari ke-3 yaitu sebesar 37% sedangkan efisiensi tertinggi yang dimiliki generator adalah pada pengukuran pada hari ke 30 yaitu sebesar 39%. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis dataangin yang terukur selama 1 bulan diperoleh efisiensi rata-rata sebesar 35%

3.4 Pembahasan

Berdasarkan data pengukuran dan analisis maka diperoleh kecepatan angin tertinggi sebesar 5,13 m/s sedangkan kecepatan angin terendah diperoleh sebesar 4,29. Dari kecepatan angin yang berfluktuasi maka

diperoleh data pengukuran kecepatan angin terendah 4,03 m/s yang mampu menggerakkan turbin 598 rpm pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menggerakkan turbin 594 rpm [1]. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,47 m/s mampu menggerakkan turbin pada putaran 695 rpm baik berbeban maupun tanpa beban. Kemudian untuk mendapatkan daya output turbin, maka sebelumnya dilakukan pengukuran torsi dimana torsi merupakan ukuran kekuatan atau gaya yang dapat menyebabkan objek berputar. Berdasarkan data pengukuran torsi terhadap putaran maka diperoleh torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,099 pada putaran 700 rpm sedangkan torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,188 pada saat putaran ingin berhenti atau mengalami pengereman. Oleh karena itu berdasarkan hasil perhitungan daya turbin selama 1 bulan diperoleh daya output turbin savonius sebesar 720 W[3].

Dari daya turbin yang dihasilkan maka generator dapat menghasilkan keluaran berupa arus searah atau AC yang dikonversi menjadi arus DC menggunakan dioda kiprok yang telah dirangkai sebelumnya. Daya yang dihasilkan juga tidak optimal karena pengaruh angin yang kurang stabil dan juga pengaruh adanya rugi-rugi dari peralatan pembangkit seperti belt, generator dan dioda kiprok yang berfungsi sebagai penyearah tegangan. Daya keluaran dari turbin merupakan input pada generator sinkron, dengan tegangan keluaran minimal 12 V dan tegangan maksimal 48 V. Akan tetapi dikarenakan rugi-rugi dari turbin dan rugi - rugi dari sistem transmisi sehingga mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya terendah sebesar 2,45 W pada hari ke-6 sedangkan daya tertinggi sebesar 2,89 W pada hari ke-29. Oleh karena itu daya output rata-rata generator diperoleh sebesar 9,42 V sehingga generator tersebut hanya mampu mengisi Aki/baterai berkapasitas 9 V saja. Dalam penelitian ini turbin yang digunakan adalah turbin savonius jenis blade kombinasi (konvensional dan elips). Berdasarkan hasil pengukuran daya output generator diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 39% yaitu pada hari ke-30, sedangkan efisiensi terendah diperoleh sebesar 37% yaitu pada hari ke-3[13]. Berdasarkan hasil pengujian maka diperoleh efisiensi rata-rata dari generator magnet permanen dengan output turbin savonius sebesar 35%[9].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan: Kecepatan rata-rata angin yang terukur di desa Oenali adalah 4,66 m/s mampu memutar turbin Savonius dengan putaran rata-rata sebesar 631 rpm dan putaran puli generator sebesar 1243 rpm sehingga menghasilkan daya output turbin sebesar 7,20 watt. Berdasarkan putaran turbin, maka diperoleh daya output rata-rata generator sebesar 2,61 watt. Berdasarkan efisiensi rata-rata generator diperoleh sebesar 35% sedangkan efisiensi harian tertinggi diperoleh 39% dan efisiensi harian terendah sebesar 37%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudirman S, Sri Kurniati, A. M. Ikram A. Arifin, 2020, *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan Turbin Savonius*, Jurnal Media Elektro / Vol. IX / No. 1 P-ISSN 2252-6692 | E-ISSN 2715-4963
- [2] Alvindo Gesta Farezy, Arif Kurniawan, 2022 *Analisa Pengaruh Kecepatan Putaran Turbin Ventilator Terhadap Keluaran Daya Yang Dihasilkan Menggunakan Generator Dc Dengan Variasi Kecepatan Angin*, Seminar Nasional 2022 METAVERSE: Peluang Dan Tantangan Pendidikan Tinggi Di Era Industri 5.0 SENIATI 2022-ISSN 2085-4218
- [3] Muhammad Hasan Basri, Djaman, 2019, *Rancang Bangun Dan Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Model Savonius*, Jurnal Simetrik Vol.9, No.2, Desember 2019. ISSN: 2302-9579/e-ISSN: 2581-2866
- [4] Angga Laksana, Sutisna, Firmanysh M S Nursuwars, 2021, *Kontrol Sistem Charging Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Pt. Lentera Bumi Nusantara Berbasis Internet Of Things (Iot)*, Journal Of Energy And Electrical Engineering (JEEE) Vol. 03, No. 01, Oktober, 2021
- [5] Dhea Gemilang Ramdhany, Nurul Hiron, Nundang Busaeri, 2021, *Modifikasi Motor Brushless Dc Menjadi Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Radial Putaran Rendah*, Journal Of Energy And Electrical Engineering (JEEE) Vol. 03, No. 01, Oktober, 2021
- [6] Muhammad Adam, Partaonan Harahap, M. Ridho Nasution, 2019, *Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator DC*, R E L E (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro) Vol. 2, No. 1, Juli 2019, ISSN 2622 – 7002
- [7] Dian Saputri, Dedi Nugroho, dan Sukarno Budi Utomo, 2019, *Analisa Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT)*, Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2 Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 18 Oktober 2019 ISSN. 2720-9180
- [8] J. Victor Tuapetel, Iqbal Arif Triprayoga, Putu M. Santika, 2019, *Analisis Dan Pengujian Kinerja Turbin Angin Savonius 4 Sudu*, Jurnal Teknik Mesin – ITI Vol. 3, No. 2, Oktober 2019 ISSN: 2548-3854
- [9] Moody Noldy Tumembow, Herotje Siwi, 2021, *Studi Pemanfaatan Turbin Ventilator untuk Energi Alternatif*, Jurnal Masina Nipake Vol. 1, No. 1: Mei 2021
- [10] Denny R. Pattiapon, Jacob J. Rikumahu, Marselin Jamlaay, 2019, *Penggunaan Motor Sinkron Tiga Phasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron*, Jurnal Simetrik Vol.9, No.2, Desember 2019. ISSN: 2302-9579/e-ISSN: 2581-2866
- [11] Imanuel O. Silla, Arifin Sanusi, Yeremias M. Pell, 2022, *Analisis Kinerja Turbin Savonius Sebagai Sumber Energi Alternatif*, Jurnal FISIKA Sains dan Aplikasinya, Vol. 7, No. 1 – April 2022 ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e)
- [12] Faikar Hadian dan Tri Yogi Yuwono, 2022, *Studi Eksperimen Pengaruh Penempatan Dinding Dekat Sudu Returning pada G/D = 1,214 terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius*, jurnal teknik ITS Vol. 11, No. 2, (2022) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
- [13] Annisa, Winarso, Wakhayu Dwiono, 2019, *Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron*, Jurnal Riset Rekayasa elektro Vol.1, No.1, Juni 2019, Hal. 37~53 P-ISSN: 2685 - 4341 E-ISSN: 2685 - 5313