

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU PADA WADUK GAJAH MUNGKUR

Richard Heidy Pratama¹, Sapto Nisworo², Deria Pravitasari³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar

richardprtm@gmail.com¹, saptonisworo@untidar.ac.id², deria.pravitasari@untidar.ac.id³

INTISARI

Penelitian ini dilatar belakangi oleh pemanfaatan *renewable energy* yang digunakan untuk pengembangan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) merupakan salah satu cara pemanfaatan potensi angin sebagai komponen utama proses pembangkitan. Perancangan PLTB dilaksanakan pada kawasan waduk Gajah Mungkur yang berpotensi dalam hal tenaga bayu. Pemanfaatan PLTB digunakan untuk membangkitkan mesin pengolah pakan ikan. Sudu yang digunakan dalam PLTB dengan spesifikasi teknis panjang 100 cm dan lebar 30 cm dengan kemiringan sudu 20 derajat. Estimasi daya listrik yang dihasilkan dari perhitungan senilai 1052,84 watt dalam satu hari dengan beban yang akan dibangkitkan senilai 3kW. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa PLTB lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan sumber PLN. Dalam kurun waktu 10 tahun mencapai selisih senilai Rp. 126.555.720. **Kata Kunci :** *Renewable energy, PLTB, sudu, efisien, spesifikasi*

ABSTRACT

This research is motivated by the use of renewable energy which is used for the development of electrical energy. Wind power plant (PLTB) is one way of utilizing wind potential as the main component of the generation process. The PLTB design is carried out in the Gajah Mungkur reservoir area which has the potential in terms of wind power. Utilization of PLTB is used to generate fish feed processing machines. The blades used in PLTB with technical specifications are 100 cm long and 30 cm wide with a blade tilt of 20 degrees. The estimated electrical power generated from the calculation is 1052.84 watts in one day with a load that will be generated at 3kW. The results obtained indicate that PLTB is more efficient than using PLN sources. Within a period of 10 years, there was a difference of Rp.

126,555,720.

Keywords: *Renewable energy, PLTB, blades, efficient, specification*

I. PENDAHULUAN

Kawasan Waduk Gajah Mungkur yang berada di wilayah 7 kecamatan yaitu, kecamatan Wonogiri, kecamatan Ngadirojo, kecamatan Baturetno, kecamatan Nguntoronadi, kecamatan Giriwoyo, kecamatan Eromoko, dan kecamatan Wuryantoro. Waduk Gajah Mungkur memiliki luasan genangan maksimum 8.800 Ha dengan luas Daerah Tangkapan Air (DTA) mencapai 1.350 Km, waduk gajah mungkur terletak pada koordinat pada google maps 4WV6+X6J, kondisi angin di daerah waduk gajah mungkur dapat dikategorikan tinggi kecepatan anginnya yaitu 6 m/s. Energi baru terbarukan merupakan teknologi pengembangan energi yang bertujuan untuk mengurangi efek yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil. Penelitian, pendidikan, dan dukungan diperlukan untuk menerapkan rekayasa teknologi energi baru terbarukan untuk memproses sumber daya yang ada dan mencari peluang untuk memenuhi tujuan dan standar yang ditetapkan [1]. Dalam hal ini PLTB sudah banyak dilakukan penelitian dengan berbagai macam metode. Dalam penelitian ini hal yang akan dicapai adalah berkontribusi terhadap perkembangan energi angin yang dapat dimanfaatkan

oleh pembudidaya ikan untuk membangkitkan generator sebagai sumber energi listrik untuk penggerak alat penggiling pakan dengan instalasi yang sesuai standar dan dapat mencakup biaya operasional.

II. LANDASAN TEORI

Dalam perancangan PTLB yang dilakukan terdapat beberapa landasan teori yang menjadi dasar pengetahuan untuk mendukung jalannya proses perancangan. Energi mekanik akan dikonversi oleh generator AC 1 fasa, teori yang menjadi acuan untuk perancangan.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Salah satu bagian penting dari sistem pembangkit listrik untuk menangkap angin dan mengubahnya membentuk energi mekanik, khususnya energi gerak untuk memutar generator. Turbin angin menurut bentuknya memiliki berbagai banyak tipe antara lain, tipe *darrieus*, tipe *sailwing*, tipe *propeller*, tipe *savious*, tipe *vertical* dan *horizontal*, dan *fan-type* [2].

B. Kondisi Angin

Angin kategori 3 dan 8 adalah batas minimum dan batas maksimum energi angin yang dapat digunakan untuk energi listrik. Angin berkekuatan 8 atau lebih

tinggi dapat menyebabkan bencana. Angin dapat dimanfaatkan untuk energi listrik disajikan pada Tabel 1 di bawah ini. [3].

Tabel 1. Kecepatan angin 10 m diatas permukaan tanah.

Kelas Angin	Kecepatan Angin m/s	Kondisi Alam
1	0,00 – 0,02	-
2	0,2 – 1,5	Angin hening asap lurus ke atas
3	1,6 – 3,3	Asap berkibrah mengikuti arah angin
4	3,4 – 5,4	Wajah terasa terdapat angin, daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin berkibrah
5	5,6 – 7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, berdera berkibar
7	10,8 – 12,1	Ranting pohon akbar bergoyang, air kolam berombak kecil
8	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa ditelinga
9	17,2 – 20,7	Dapat merubuhkan pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8 – 24,4	Dapat merubuhkan pohon, tempat tinggal rubuh
11	24,8 – 28,4	Dapat merubuhkan pohon, menyebabkan kerusakan
12	28,6 – 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7 – 36,0	Tornado

Sumber. interestingengineering.com

C. Wind turbine

Turbin angin merupakan alat penangkap angin yang dapat bergerak sesuai dengan kecepatan angin untuk menghasilkan arus listrik yang diarahkan ke generator. Jenis turbin angin terbagi menjadi 2 sebagai berikut.

1. Turbin angin sumbu *vertical* (TASV) TASV mempunyai poros rotor utama yang tersusun tegak lurus. Turbin sumbu vertikal memiliki kelebihan yang tidak perlu diarahkan pada arah angin untuk menggerakkan turbin. Kelebihan yang dimiliki adalah dapat diaplikasikan pada tempat yang memiliki angin tidak tentu arahnya.



Sumber. made-in-china.com

Gambar 2.1 TASV adalah bagian yang bergerak berinteraksi

1. Turbin angin sumbu *vertical* (TASV) atau daya magnetisasi untuk menghasilkan tegangan



Gambar 2.2 TASH (Sumber. interestingengineering.com)

2. Turbin angin sumbu *horizontal* (TASH)

Rotor utama dan poros generator dalam susunan turbin. Turbin angin yang lebih kecil digerakkan oleh bilah sederhana, turbin angin yang lebih besar biasanya menggunakan sensor angin bersama dengan servomotor. TASV memiliki *gearbox* yang dapat mengubah putaran lambat awal roda menjadi lebih cepat [4].

D. Generator induksi (Asinkron)

Operasi generator induksi ketika mesin membuat motor, belitan stator menerima tegangan, medan berputar dengan kecepatan sinkron. Jika motor dioperasikan sebagai generator, rotor motor yang digerakkan oleh sumber listrik berputar pada kecepatan yang lebih besar dari kecepatan sinkron. Ketika konduktor berputar dalam medan magnet (belitan stator), perbedaan potensial dihasilkan diuraikan pada persamaan 2.1 berikut.

$$e = B \cdot l \cdot v \dots\dots\dots(2.1) \text{ keterangan :}$$

- e : tegangan induksi yang dihasilkan (volt);
- B : fluks magnetic (weber);
- L : panjang konduktor yang dilewati medan magnet (m);
- V : kecepatan medan magnet melewati konduktor (m/det).

Apabila generator terhubung beban akan menyebabkan arus mengalir. Arus pada rotor akan berinteraksi dengan medan magnet pada belitan stator sehingga arus yang mengalir pada belitan stator sesuai dengan gaya mekanik yang diberikan. Dalam perubahan motor induksi menjadi generator diperlukan daya reaktif atau daya magnetisasi untuk menghasilkan tegangan pada terminal keluaran.. Generator induksi merupakan generator yang memiliki arus bolak balik (AC) yang memiliki fungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik arus bolak balik.

Generator induksi AC memiliki satu jenis karakteristik yaitu karakteristik generator tanpa beban, tanpa beban, tanpa beban, meliputi arus medan, tegangan terminal dan fluks yang dihasilkan, sedangkan

pada karakteristik di bawah beban, generator disuplai dengan beban yang terdiri dari arus kuat dan arus tegangan total melalui beban. Alternator memiliki bagian utama stator dan rotor. Stator pada generator Induksi AC adalah bagian yang diam dan menghasilkan tegangan AC, sedangkan rotor adalah bagian yang bergerak menghasilkan medan magnet yang menginduksi ke stator. Stator terdiri dari badan generator yang berfungsi melindungi bagian dalam generator. Jumlah kutub pada generator AC tergantung menghasilkan medan magnet yang menginduksi ke stator. Stator terdiri dari badan generator yang berfungsi melindungi bagian dalam generator. Jumlah kutub pada generator AC tergantung pada kecepatan rotor dan frekuensi ggl yang dihasilkan persamaan 2.2 [5].

$$f = \frac{p \cdot n}{120} \dots\dots\dots(2.2)$$

keterangan :

- f : Frekuensi (Hz);
- p : Jumlah kutub;
- n : Kecepatan rotor (rpm).

E. Daya generator

Generator yang digunakan memiliki kapasitas sumber tergantung kebutuhan penggunaan. Daya yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung dengan persamaan 2.3 [6].

$$P_{gen} = V_{gen} \cdot I_{gen} \dots\dots\dots(2.3)$$

keterangan :

- I_{gen} : arus generator;
- P_{gen} : daya Generator (Watt);
- V_{gen} : tegangan (volt).

F. Kecepatan putar generator

Generator untuk membangkitkan beban tersebut membutuhkan sumber daya yang mampu memutar stator. Kecepatan putaran stator berbanding terbalik dengan jumlah kutub generator, untuk menentukan kecepatan putaran kita dapat melihat perhitungan berikut 2.4.

$$n_s = n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan:

- n_s : kecepatan putaran (rpm);
- f : frekuensi (Hz);
- p : kutub (poles).

G. Menentukan jenis kabel

Kabel merupakan penghantar arus berisolasi, ada yang multi inti atau tunggal, ada yang beruntai tunggal dan tembaga tunggal, ada yang dipasang di atas kepala dan ada pula yang dipasang di dalam tanah tergantung kebutuhan dan kondisi pemasangan.

Pemilihan kabel pada pembangkit listrik tenaga angin harus tepat untuk menurunkan tegangan pada sistem. Untuk menghitung luas penampang kabel yang dibutuhkan dalam sistem, maka pada persamaan 2.5 di bawah ini [7].

$$A = 2 y \cdot V d (I \cdot L) \dots\dots\dots(2.5)$$

keterangan:

- A : Luas penampang kabel;
- y : Daya hantar jenis;
- L : Panjang kabel;
- I : Arus;
- Vd : drop tegangan yang diizinkan.



Sumber. Tokopedia.com

Gambar 2.3 Kabel NYY 4x4mm

H. Motor AC

Motor AC merupakan motor listrik yang beroperasi dengan tegangan bolak-balik. Memiliki dua bagian utama yaitu “stator” dan “rotor”. Stator adalah bagian stasioner dari motor AC. Rotor adalah komponen berputar dari motor AC. Motor AC difungsikan dengan penggerak frekuensi variabel untuk mengontrol kecepatan sekaligus mengurangi konsumsi energi [8].

I. Tarif daya listrik

Tarif listrik biasanya ditentukan oleh biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah biaya listrik terpasang atau biasa disebut biaya beban dan dihitung per VA atau per kVA dengan kurs rupiah, sedangkan biaya variabel adalah biaya yang didasarkan pada jumlah pemakaian listrik per hari (kWh) yang digunakan pelanggan. Tarif dasar listrik ditetapkan dalam PERMEN ESDM Nomor 07 Tahun 2010.

J. Software Autocad, Coreldraw, SketchUp

Software AutoCAD merupakan perangkat lunak pada computer/PC yang digunakan untuk menggambar atau membuat desain 2 dimensi atau 3 dimensi.

Program pada *AutoCAD* dapat digunakan untuk membuat desain dengan berbagai fitur dan fungsi untuk memodelkan objek desain untuk digunakan dalam domain desain yang berbeda, seperti pada arsitektur, kelistrikan, permesinan, dan sipil.

Corel merupakan program komputer pengedit grafik vektor untuk pemrosesan gambar dan dalam penerbitan, cetak, dan bidang visualisasi.

SketchUp adalah program pemodelan komputer 3D untuk berbagai aplikasi seperti arsitektur, desain interior, arsitektur lanskap, teknik sipil dan mesin, desain film dan *video game*, dan aplikasi lainnya.

III. METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian menjelaskan cara penyelesaian penulis dalam melaksanakan perancangan. Terdapat beberapa metode yang akan digunakan dalam penyusunan diantaranya harus menentukan bahan yang perlu digunakan untuk perancangan, membuat design turbin dan menghitung estimasi biaya yang digunakan untuk proses perancangan. Metode perancangan dengan beberapa tahapan ditunjukkan dalam diagram alir berikut ini:

1. Metode Perancangan

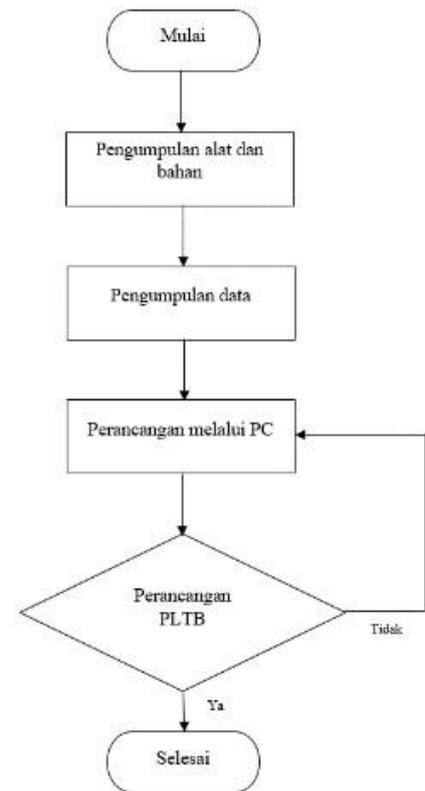
Dalam perancangan ini terdapat metode yang dilakukan untuk membuat rancangan pembangkit listrik tenaga bayu pada waduk Gajah Mungkur. Metode yang digunakan diuraikan sebagai berikut.

a. Memahami metode *design*

Dalam perancangan pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan jenis baling-baling, kerangka penyangga dan jenis generator tertentu. Perancangan baling-baling dibuat dengan menggunakan *software design SketchUP*.

b. Analisa proses perancangan

Setelah dilakukan pembuatan design turbin menggunakan *software design* yang telah dilakukan. Kemudian dilakukan proses penyusunan laporan hingga tahapan selesai. Jika proses perancangan belum memenuhi keinginan, maka perancangan perlu dilakukan perbaikan untuk mrncapai keandalan sesuai.



Gambar 3.2 Diagram alir perancangan

Tabel 4.2 Daya yang dihasilkan baling –baling

Baling – Baling Horizontal NACA 4412				
Speed (m/s)	Daya (Watt/jam)	Sudu	Sudut	Luas Penampang
3,5	80	6	15°	600 cm ²
5	98	6	15°	600 cm ²
6	108	6	15°	600 cm ²
7	110	6	15°	600 cm ²
8	112	6	15°	600 cm ²
8,5	115	6	15°	600 cm ²

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal perancangan ini adalah pengumpulan data yang didapatkan dari studi literatur yang diacu. Data yang diperoleh adalah data kecepatan angin pada area waduk Gajah Mungkur, penggunaan sudu, penggunaan generator, dan beban yang digunakan.

A. Kecepatan angin untuk PLTB

Berdasarkan acuan dari sumber yang digunakan, penggunaan angin dengan kecepatan rendah – sedang mampu digunakan sebagai sumber pembangkit listrik tenaga bayu. Tabel 4.1 merupakan data kecepatan angin yang akan digunakan untuk proses pembangkitan.

B. Baling-baling NACA 4412

Mengacu pada kecepatan angin yang relatif sedang maka pada konstruksi turbin angin digunakan baling – baling NACA 4412. Jenis baling- baling ini mampu untuk menangkap sapuan angin yang mempunyai kecepatan rendah hingga sedang, sehingga efektif digunakan untuk membangkitkan sumber listrik pada generator. Tabel 4.2 adalah data yang diperoleh dari peneliti terdahulu menggunakan baling – baling NACA 4412.

Spesifikasi baling – baling yang digunakan Pembangkit Listrik Tegana Bayu dijelaskan pada Tabel 4.4. Ketebalan sudu adalah cukup dengan 3 mm dengan kemiringan 20 derajat, lebar sudu yang digunakan adalah 25 cm serta dengan panjang yang digunakan 100 cm sesuai tabel 4.3.

C. Estimasi daya angin

Pada perancangan Pembangkit listrik tenaga angin yang digunakan untuk menggerakkan turbin dengan kapasitas tertentu dengan kecepatan angin yang berbeda memiliki perkiraan kapasitas produksi yang berbeda. Penghitungan estimasi daya yang dihasilkan angin diuraikan yang mengacu pada persamaan 2.9 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Spesifikasi sudu yang digunakan

Tebal	Kemiringan	Panjang	Lebar
5 mm	20 derajat	100 cm	30 cm

Tabel 4.1 Kecepatan angin yang digunakan untuk PLTB

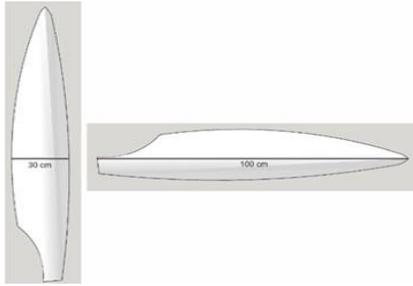
Pukul	Kecepatan Angin (m/s)	Keterangan
07.00	5	Sedang
08.00	5	Sedang
09.00	6	Sedang
10.00	7	Sedang
11.00	8	Sedang
12.00	9	Sedang
13.00	10	Sedang
14.00	10	Sedang
15.00	9	Sedang
16.00	8	Sedang
17.00	7	Sedang

18.00	5	Sedang
-------	---	--------

Sumber: Weather.com

- Estimasi daya angin pada kecepatan 5 m/s $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600$
 $\cdot 5^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot 125$
 $E = 45 \text{ Watt}$
 - Estimasi daya angin pada kecepatan 6 m/s $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600$
 $\cdot 6^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot$
 $216 \quad E = 77,76$
 Watt
 - Estimasi daya angin pada kecepatan 7 m/s $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600$
 $\cdot 7^3$
 $343 \quad E = 123,48 \text{ Watt}$
 - Estimasi daya angin pada kecepatan 8 m/s $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600$
 $\cdot 8^3$
 $512 \quad E = 184,32 \text{ Watt}$
 - Estimasi daya angin pada kecepatan 9 m/s $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,0012$
 $\cdot 600 \cdot 9^3$
 $0,72 \cdot 729 \quad E = 262,44$
 Watt
 - Estimasi daya angin pada kecepatan 10 m/s $E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600 \cdot 10^3$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot$
 $1000 \quad E = 360$
 Watt
- $E \text{ total} = 45 + 77,76 + 123,48 + 184,32 + 262,44$
 $+ 360 \text{ Watt}$
 $E \text{ total} = 1052,84 \text{ Watt}$

Dalam proses pembangkitan diperkirakan tenaga angin untuk turbin adalah 1052,84 Watt untuk 1 buah turbin. Untuk dapat mengoperasikan beban mesin pembuat pelet yang memiliki daya 3 kW diperkirakan memerlukan 4 buah turbin yang instalasinya dipasang secara paralel.



Gambar 4.1 Panjang dan lebar sudu

D. Penggunaan listrik PLN selama 10 tahun

Dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang berada di area Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri memerlukan pertimbangan biaya

$$3000 \text{ Watt} \times 8 \text{ jam} = 24000 \text{ Watt}$$

$$\frac{24000}{1000} = 24 \text{ kWh}$$

$$24 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.444,70 = \text{Rp } 34.672,8/\text{hari}$$

$$\text{Rp } 34.672,8 \times 3650 \text{ hari} = \text{Rp } 126.555.720$$

sebagai referensi. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 28/2016, tarif listrik untuk pelanggan tegangan rendah (TR) diatur sebesar Rp 1.444,70/kWh.. Perancangan ini memiliki biaya yang lebih efisien atau lebih mahal dari penggunaan listrik dari PLN selama kurun waktu 10 Tahun. Uraian perhitungan estimasi biaya menggunakan listrik PLN selama 10 tahun adalah sebagai berikut. keterangan :

Beban : 3000 watt;
 Jam kerja : 8 jam;
 Biaya listrik/kWh : Rp 1444,70;
 10 Tahun : 3650 hari.

Berdasarkan perhitungan secara umum estimasi biaya yang dikeluarkan untuk proses penggilingan selama kurun waktu 10 Tahun menggunakan suplai listrik dari PLN adalah senilai Rp 126.555.720,00.

V. KESIMPULAN

Perancangan pembangkit listrik tenaga angin digunakan sebagai sumber untuk membangkitkan beban berupa mesin pembuat pelet untuk mendukung usaha masyarakat di sekitar waduk yang berupa pembudidaya ikan, dan juga sebagai sarana edukasi untuk masyarakat akan pentingnya *renewable energy*. Penggunaan instalasi jalur bawah tanah menggunakan *u-ditch* untuk melindungi kabel dari gangguan sehingga meminimalisir kerusakan pada kabel. Pemilihan kabel untuk jaringan distribusi menyesuaikan dengan

keadaan dan standar yaitu menggunakan kabel jenis NYY 3x3mm dengan susut tegangan senilai 0,0000549 V dan rugi daya senilai 0,000748 Watt. Pembangkit dirancang menggunakan spesifikasi *blade* lebar 100cm x 30cm dan *pitch cutter* 20 derajat diperkirakan mampu menghasilkan daya 1052,84 watt selama satu hari, digunakan untuk menghasilkan beban keluaran 3kW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pravitasari, Deria, & Sapto Nisworo. (2017) New and Renewable Energy: A review and Perspectives. Departement of Electrical Engineering Tidar University.
- [2] Rendra & Indra Yasri. (2016). Aspek – aspek perancangan PLTB untuk Penggunaan Rumah Tangga di Kecamatan Hulu. Teknik Elektro. Universitas Riau.
- [3] Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc. 2(1), 30–36.
- [4] Mulyono, Teguh Harijono Mulud., Daffa N. H., Konita L., Nanda R. (2020). RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN TIPE HORIZONTAL DOUBLE MULTIFLAT BLADE PLTB SKALA MIKRO. Jurusan Teknik. [5] Prasetijo, H., Ropiudin, & Dharmawan, B. (2012). Generator magnet permanen sebagai pembangkit listrik putaran rendah permanent magnet generator as lowSpeed electric power plant. *Dinamika Rekayasa*, 8(2), 70–77.
- [6] Hariyotejo, P., dkk. (2009), *Pengembangan Generator Mini dengan Menggunakan Magnet Permanen*. Teknik Mesin Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.
- [7] Purwanto, H. dan Kasim, I. 2019. Perancangan Sitem Instalasi Daya Listrik Pabrik Bioethanol di Ngadirejo-Kediri?, *JETri Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 16(2), p. 215..
- [8] Saleh, M. Al Amin. 2018. Pembangkitan Tegangan Generator induksi Satu Fasa. Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas PGRI Palembang.