

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU PADA WADUK GAJAH MUNGKUR

Richard Heidy Pratama¹, Sapto Nisworo², Deria Pravitasari³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar

Jl Kapten Suparman 39 Magelang 56116 Indonesia

[*richardprtm@gmail.com*](mailto:richardprtm@gmail.com)¹, [*saptonisworo@untidar.ac.id*](mailto:saptonisworo@untidar.ac.id)², [*deria.pravitasari@untidar.ac.id*](mailto:deria.pravitasari@untidar.ac.id)³

INTISARI

Pembangkit listrik tenaga bayu merupakan salah satu cara pemanfaatan energi angin sebagai komponen utama untuk proses pembangkitan, yang nantinya dapat digunakan untuk kebutuhan listrik rumah tangga maupun industri skala kecil. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu diaplikasikan 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 sudu dengan spesifikasi panjang 100 cm dan lebar 30 cm serta dengan kemiringan sudu sebesar 20 derajat yang mempunyai estimasi daya sebesar 1052,84 Watt dalam waktu satu hari yang digunakan untuk membangkitkan beban sebesar 3 kW. Perancangan PTLB memiliki estimasi biaya pembuatan kurang lebih mencapai Rp 83.109.000,00. Dengan biaya yang telah diperinci bahwa membuat PLTB untuk proses pembuatan pelet lebih efisien dalam kurun waktu 10 tahun daripada menggunakan sumber listrik dari PLN yang mencapai Rp 126.555.720,00.

Kata Kunci : *Renewable energy, Perancangan PLTB, sudu*

ABSTRACT

Renewable energy is an innovation to develop production process of electrical energy to assist government programs so that in the future people would use renewable energy as the main source of electricity supply. Wind power generation is a way of utilizing wind energy as the main component of electrical energy generation which can later be used for household electricity needs and small-scale industries. The design of the Wind Power Plant (PTLB) will later function as an electric generator to produce fish pellets. The production of fish pellets would support the fish farming business of the local community around the dam. PTLB would also be an educational means for public on the importance of renewable energy. The use of a blade with a specification of 100 cm long, 30 cm wide, and a blade slope of 20 degrees will be able to produce an estimated power of 1052.84 Watts in one day and can be used to generate electric power of 3 kW. The cost estimation of designing PTLB with the above specification is approximately Rp 83.109.000,00. After calculating costs in detail, a ten-year-fish pellets production using energy generated by PTLB is more efficient than using energy from the state electric enterprise (PLN) who reached Rp 126.555.720,00.

Keywords: *Renewable energy, PTLB design, blades*

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Wonogiri memiliki potensi sumber daya angin yang berpotensi, terutama pada 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 Hektar 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 gas rumah kaca 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 dirubah menjadi energi listrik oleh generator AC 1 fasa, teori yang menjadi acuan untuk perancangan adalah sebagai berikut.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Turbin angin merupakan salah satu bagian penting dari sistem pembangkit listrik tenaga angin yang berperan menangkap angin dan mengubahnya menjadi 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 adalah batas minimum dan angin kategori 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Angin berkekuatan 8 atau lebih tinggi dapat menyebabkan bencana. Kondisi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan 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 berkiprah mengikuti arah angin
4	3,4 – 5,4	Wajah terasa terdapat angin, daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin berkiprah
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: Green and Clean Energy for Indonesia

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



Sumber. interestingengineering.com

Gambar 2.2 TASH

2. Turbin angin sumbu *horizontal* (TASH)

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

D. Generator induksi (*Asinkron*)

Prinsip kerja generator induksi adalah Ketika mesin membuat motor, belitan stator menerima tegangan, medan berputar dengan kecepatan sinkron. Namun, 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.

$$e = B \cdot l \cdot v \dots\dots\dots(2.1)$$

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 ke 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 proses pengubahan motor induksi menjadi generator induksi 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 yang 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. Hubungan ini dapat ditentukan dengan 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.

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

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].

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

keterangan :

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



Sumber. Tokopedia.com

Gambar 2.3 Kabel NYY 4x4mm

H. Motor AC

Motor AC adalah motor listrik yang bekerja dengan tegangan bolak-balik (alternating current). Motor AC memiliki dua bagian utama yaitu “stator” dan “rotor”. Stator adalah komponen stasioner dari motor AC. Rotor adalah komponen berputar dari motor AC. Motor AC dapat dilengkapi 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 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral 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 Draw adalah program komputer pengedit grafik vektor untuk pemrosesan gambar dan banyak digunakan dalam penerbitan, percetakan, dan bidang lain yang membutuhkan visualisasi. Corel Draw adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Corel Corporation, sebuah perusahaan perangkat lunak yang berbasis di Ottawa, Kanada. Adalah program yang banyak digunakan untuk proses melihat. Corel Draw dapat menghasilkan gambar sebagai bitmap meskipun dalam bentuk vektor.

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. SketchUp dimiliki oleh Trimble Inc, sebuah perusahaan peralatan pemetaan, survei, dan penentuan posisi. Program ini mencakup fungsionalitas tata letak gambar, memungkinkan rendering permukaan dalam variabel "gaya", mendukung program "plugin" pihak ketiga yang dihosting di situs web bernama Extension Warehouse untuk menyediakan rendering yang mendekati foto yang realistis dan mendukung penempatannya model di Google Earth.

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 desain turbin dan menghitung estimasi biaya yang digunakan untuk proses perancangan. Metode perancangan dengan beberapa tahapan ditunjukkan dalam diagram alir berikut ini:

1. Metode Perancangan

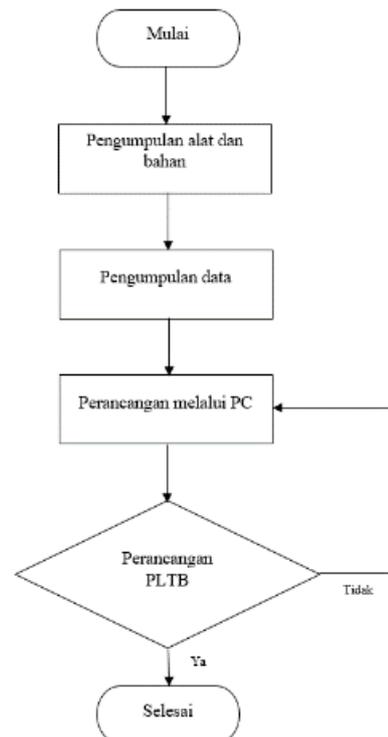
Dalam perancangan ini terdapat metode yang dilakukan untuk membuat rancangan pembangkit listrik tenaga bayu pada waduk gajah mungkur. Metode yang digunakan diuraikan sebagai berikut.

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

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 4.2 merupakan data kecepatan angin yang akan digunakan untuk proses pembangkitan.

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

B. Baling-baling NACA 4412

Mengacu pada kecepatan angin yang relatif sedang maka pada kontruksi 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 4.3 adalah data yang diperoleh dari peneliti terdahulu menggunakan baling – baling NACA 4412.

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

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.



Gambar 4.1 Panjang dan lebar sudu
Tabel 4.3 Spesifikasi sudu yang digunakan

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

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

- 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

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600 \cdot 6^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot 216$$

$$E = 77,76 \text{ Watt}$$
- Estimasi daya angin pada kecepatan 7 m/s

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600 \cdot 7^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot 343$$

$$E = 123,48 \text{ Watt}$$
- Estimasi daya angin pada kecepatan 8 m/s

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600 \cdot 8^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot 512$$

$$E = 184,32 \text{ Watt}$$
- Estimasi daya angin pada kecepatan 9 m/s

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600 \cdot 9^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot 729$$

$$E = 262,44 \text{ Watt}$$
- Estimasi daya angin pada kecepatan 10 m/s

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,0012 \cdot 600 \cdot 10^3$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \cdot 0,72 \cdot 1000 \\
 E &= 360 \text{ Watt} \\
 E \text{ total} &= 45 + 77,76 + 123,48 + 184,32 + 262,44 \\
 &\quad + 360 \text{ Watt} \\
 E \text{ total} &= 1052,84 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

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.

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 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

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

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

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

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

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 sebesar 0,0000549 Volt dan rugi daya sebesar 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. Perancangan PTLB memerlukan biaya Rp 83.109.000,00. PLTB untuk proses pembuatan pelet lebih efisien dalam kurun waktu 10 tahun dibandingkan dengan sumber listrik dari PLN.

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] Prasetyo, 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.