

PERENCANAAN PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ENERGI BARU TERBARUKAN (PLT-EBT) PADA LOKASI WISATA DI DAERAH TERPENCIL

Ika Dian Permana¹, Tamaji².

¹Teknik Elektro - Universitas Widya Kartika

²Teknik Elektro - Universitas Widya Kartika

Abstrak

Indonesia terletak di wilayah tropis dan dilintasi oleh garis khatulistiwa, oleh sebab itu wilayah Indonesia akan disinari oleh matahari di siang hari secara terus menerus. Hal ini menjadi nilai lebih yang harus dimanfaatkan untuk pemerataan pembangunan di wilayah Indonesia. Kebutuhan akan energi di seluruh wilayah Indonesia kadang terhalang oleh kondisi geografis yang berupa gunung dan hutan belantara. Dimana jaringan listrik PLN sulit menjangkau daerah terpencil. Sedangkan di daerah terpencil kadang mempunyai potensi wisata yang bisa dikembangkan lebih lanjut, seperti puncak gunung atau perbukitan, air terjun di tengah hutan dan lain sebagainya. Pemanfaatan energi terbarukan ini bisa menggunakan solar panel, turbin angin ataupun turbin air. Jurnal ini menggunakan metode penelitian deskriptif yang mengumpulkan data dari peralatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan (PLT-EBT) yang terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan perhitungan konsumsi energi listrik pada tempat wisata sederhana sebagai input untuk simulasi matematisnya.

Kata kunci: Matahari, Angin, Air, Pembangkit listrik tenaga energi baru terbarukan.

Abstract

Indonesia is located in a tropical region and is crossed by the equator, therefore the Indonesian territory will be continuously illuminated by the sun during the day. This is an added value that must be utilized for equitable development in Indonesia. The need for energy throughout Indonesia is sometimes hindered by geographical conditions in the form of mountains and wilderness. Where the PLN electricity network has difficulty reaching remote areas. Meanwhile, remote areas sometimes have tourism potential that can be developed further, such as mountain peaks or hills, waterfalls in the middle of the forest and so on. Utilization of renewable energy can use solar panels, wind turbines or water turbines. This journal uses descriptive research methods that collect data from New Renewable Energy Power Plant (PLT-EBT) system equipment consisting of Solar Power Plants (PLTS), Wind Power Plants (PLTB) and Hydro Power Plants (PLTA) and calculation of electrical energy consumption at simple tourist attractions as input for mathematical simulations

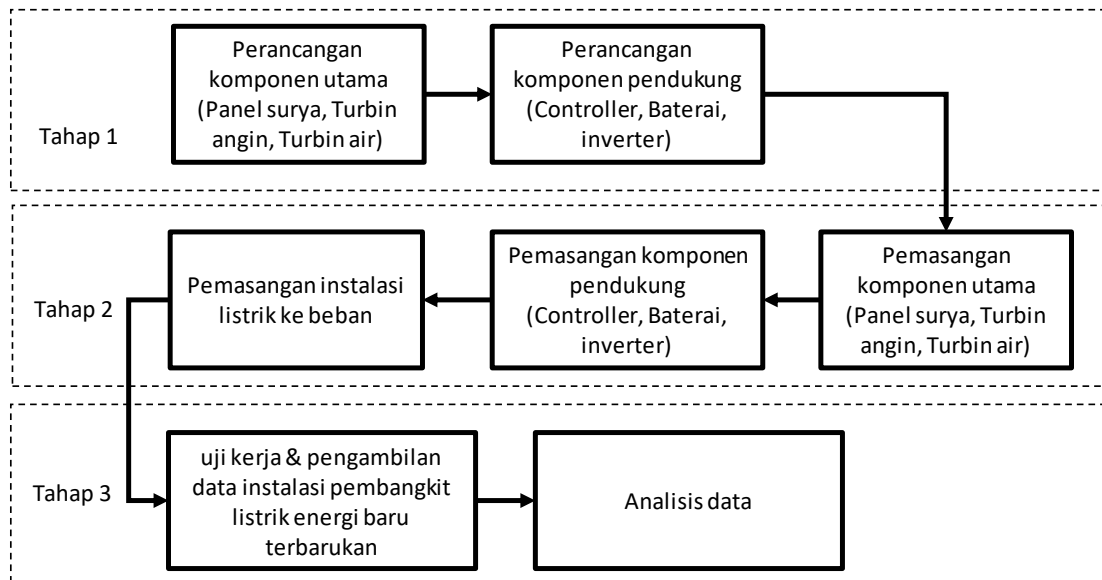
Keywords: Sun, Wind, Water, Electrical generator powered by renewable energy.

1. PENDAHULUAN

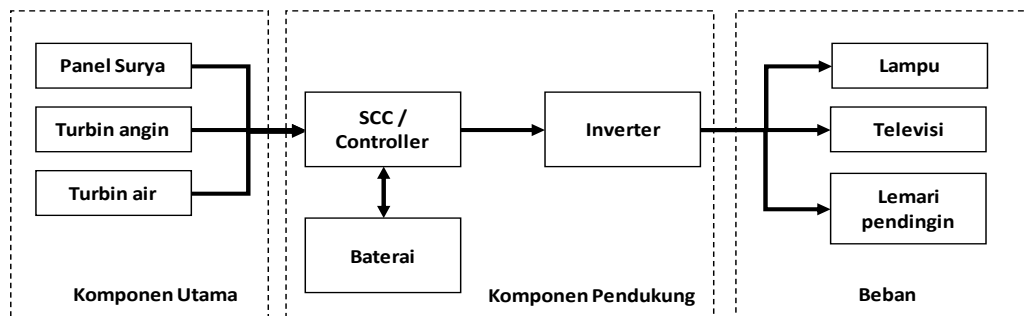
Semakin berkembangnya industri pariwisata saat ini, khusus nya wisata yang mengeksplor keindahan alam, menjadi salah satu tumpuan mata pencaharian masyarakat di daerah terpencil, sedangkan untuk daerah yang terpencil, kadang jaringan listrik dari PLN belum tersedia. Untuk itu, sumber daya di sekitar tempat wisata tersebut harus dimanfaatkan dengan maksimal, seperti panas matahari, air yang mengalir dan hembusan angin. Alat yang digunakan untuk menghasilkan listrik dari sumber daya alam tersebut, berupa panel surya, turbin air dan turbin angin. Indonesia terletak di garis khatulistiwa dan memiliki rata-rata radiasi matahari yang relatif tinggi yaitu 4,5 kWh/m²/hari, sedangkan untuk angin yang berhembus tergantung dari perbedaan pemanasan permukaan bumi dan untuk energi potensial air tergantung dari perbedaan ketinggian letak suatu daerah.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif yang mengumpulkan data dari peralatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan (PLT-EBT) yang terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan perhitungan konsumsi energi listrik pada tempat wisata sederhana sebagai input untuk simulasi matematisnya. Rancangan penelitian akan dilakukan dalam 3 tahap :



Gambar 1
Tahapan perancangan PLT-EBT



Gambar 2
Bagan instalasi PLT-EBT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

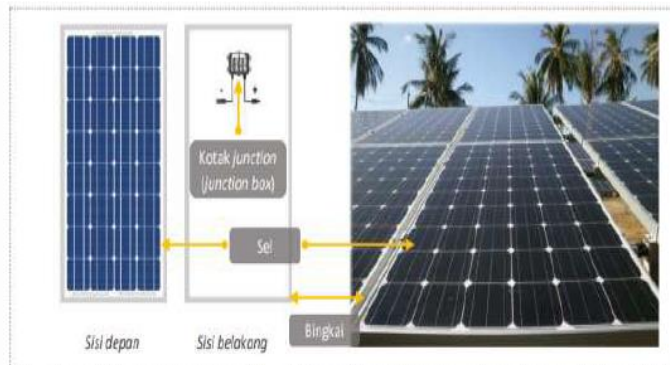
Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan (PLT-EBT) ini terdiri dari :

3.1 Komponen Utama

3.1.1 Panel surya / Solar panel / Solar PV (*Photovoltaics*)

Solar PV (Photovoltaics) adalah sebuah piranti yang dapat mengubah energi panas matahari menjadi listrik dengan memanfaatkan bahan seperti silikon, dimana silikon ini secara alami akan melepaskan elektron jika terkena sinar matahari. Perpindahan elektron

ini yang kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan sumber listrik. Bahan yang umumnya digunakan untuk sel surya adalah bahan semi konduktor yang dapat berupa silikon (Si), cadmium telluride (CdTe), gallium arsenide (GaAs), atau copper indium diselenide (CuInSe₂). Listrik yang dihasilkan panel surya ini adalah listrik dengan arus searah (*Direct Current*). Untuk itu diperlukan komponen pendukung yang diperlukan seperti *inverter* untuk mengubah listrik searah (DC) menjadi listrik bolak-balik (*Alternating Current*). Hal ini disebabkan sebagian besar *device* atau peralatan rumah tangga menggunakan listrik bolak-balik (AC) dengan tegangan 220 Volt. Jumlah listrik yang dihasilkan dari *inverter* ini diukur atau dihitung dalam besaran watt.



Gambar 3
Panel Surya

3.1.2 Turbin Angin

Bentuk energi yang terdapat pada angin yang dapat di ekstraksi oleh turbin angin adalah energi kinetiknya. Angin adalah massa udara yang bergerak. Besarnya energi yang terkandung pada angin bergantung pada besar kecepatan dan massa jenisnya. Jika diformulasikan, besar energi kinetik yang terkandung dalam angin atau udara yang bergerak yang bermassa m dan berkecepatan v adalah :

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (1)$$

Dimana :

Ek = Energi kinetik (Joule)

m = Massa udara (Kg/s)

v = Kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung di dalam angin inilah yang nantinya akan ditangkap turbin angin untuk memutar rotor turbin angin. Turbin angin yang digunakan pada makalah ini adalah jenis turbin angin sumbu vertikal yaitu turbin angin savonius. Turbin angin savonius ini merupakan turbin angin tipe *drag*. Untuk mengetahui seberapa besar daya turbin angin yang dihasilkan. Dapat diperoleh dengan mengalikan *mass flow rate* (ρAV) dengan energi kinetik per unit massa ($12V$). Secara matematis dapat ditulis seperti persamaan berikut :

$$Pw = 12 \rho AV^2 \quad (2)$$

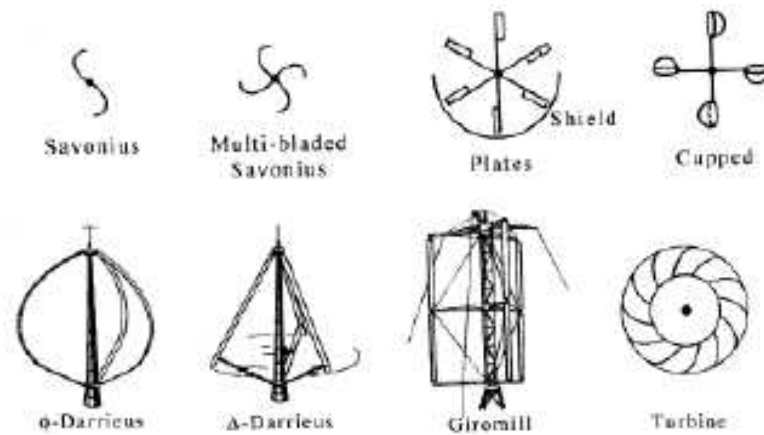
Keterangan :

Pw : daya turbin angin (Watt)

ρ : massa jenis udara (kg/m³)

A : luas permukaan kincir angin (m²)

V : kecepatan angin (m/s).



Gambar 4
Jenis-jenis turbin angin

Pengukuran keluaran arus listrik generator terhadap kecepatan angin dan variasi sudut *blade* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keluaran arus listrik generator yang diakibatkan oleh kecepatan angin dan variasi sudut *blade*. Berdasarkan hasil pengujian turbin angin dengan menggunakan variasi sudut *blade* diketahui bahwa pada kecepatan angin 3.7 m/s dan penggunaan sudut *blade* 45o diperoleh hasil yang maksimal yaitu pada kondisi tanpa beban diperoleh putaran kincir angin 964 rpm, sedangkan pada kondisi dengan beban diperoleh putaran kincir angin 392 rpm, putaran generator sebesar 532 rpm, tegangan 13.6 V dan arus listrik 0.79 A. (Heri Kusnadi, Muhammad Rafly R dan Oky Supriadi, 2021).

3.1.3 Turbin Air

Turbin air adalah alat yang mengonversi energi air menjadi energi mekanik, lalu energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator. Besarnya energi yang digunakan untuk mengkonversikan energi air menjadi energi listrik, tergantung dari besarnya debit air (Q) yang melewati sudu turbin, luas penampang sudu yang terkena air (A) untuk menghasilkan daya (P).

$$P = \rho g Q H$$

(3)

Dimana :

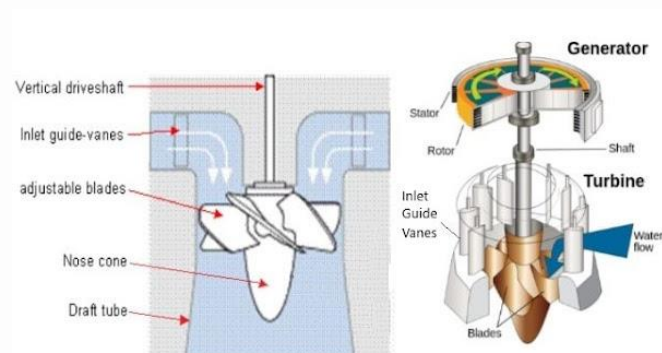
Q = Debit aliran (m³/s)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

H = Head (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

P = Daya (W)



Gambar 5
Turbin air

3.2 Komponen pendukung

3.2.1 Baterai

Mengingat PLT-EBT sangat tergantung pada kecukupan energi matahari/ kinetik angin/ kinetik air yang diterima oleh panel surya / turbin angin / turbin air , maka diperlukan media penyimpan energi sementara bila sewaktu-waktu komponen utama tidak mendapatkan cukup energi untuk menghasilkan listrik. Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam system PLT-EBT ini, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel surya / turbin angin / turbin air, dan untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh alat-alat penghasil arus listrik setiap kali daya itu melebihi beban.

3.2.2 Controller

Controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah, yang dibebankan ke baterai dan akan disalurkan oleh baterai ke beban. *Controller* menggunakan teknologi modulasi lebar pulsa untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan melepaskan arus dari baterai ke beban. Maka dari itu, dibutuhkan pengontrolan, agar baterai yang digunakan tidak mengalami kerusakan yang diakibatkan dari pengisian yang berlebihan dan tegangan yang tidak stabil.

3.2.3 Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi listrik AC baik satu fasa maupun tiga fasa dengan tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Tegangan DC dari komponen utama cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari / kecepatan angin / debit air. Tegangan masukan DC yang tidak konstan ini akan diubah oleh inverter menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada (Sianipar, 2014).

3.2.4 Sistem Instalasi Kelistrikan

Sistem instalasi kelistrikan ini berupa jalur kabel yang menghubungkan antara panel surya, turbin angin dan turbin air sampai ke beban akhir yang berupa lampu ataupun peralatan listrik lainnya. Hal terpenting untuk menentukan ukuran kabel listrik, haruslah kita ketahui terlebih dahulu sumber daya listrik ke suatu perangkat listrik menggunakan skema kabel listrik, serta seberapa besar daya listrik/ampere yang menghantarkan listrik. Untuk cara menghitung ukuran kabel listrik dapat dihitung melalui Kemampuan Hantar Arus (KHA)/Ampere. Lalu angka untuk menghitung Kemampuan Hantar Arus (KHA)/Ampere, berdasarkan safety factor / faktor keamanan menggunakan angka 125%, sebagai nilai toleransi ukuran kabel lebih lebar dari maksimal kemampuannya, dan tujuannya untuk membuat kabel listrik lebih tahan lama dan menjaga saat terjadinya lonjakan arus atau penambahan beban.

3.3 Simulasi perhitungan kebutuhan

Untuk suatu tempat wisata beban minimal yang dibutuhkan dianggap sama seperti beban rumah tangga sederhana sebesar 900 watt adalah sebagai berikut :

Lampu 20 watt x 12 hours (menyala) = 240 watthour

Audio 100 watt x 12hours (menyala) = 1200 watthour

Kulkas 100 watt x 24 hours = 2400 watthour

Maka total dayanya = 3840 watthour / day

Pemilihan solar panel

Jumlah solar panel = *Total daily watt : charging effective*

= 3840 watthour : 5 hours

= 768 wattpeak (wp)

Jika menggunakan solar panel dengan nilai 100wp,

maka dibutuhkan = 786 wattpeak : 100wp
= 7,86 pcs (dibulatkan menjadi 8 pcs)

Pemilihan turbin angin

Untuk turbin angin bisa menggunakan yang berkapasitas 1000 watt atau 2 buah turbin angin dengan kapasitas masing-masing 500 watt.

Pemilihan Turbin air

Debit sebesar 0.72 m³/s dan head yang mencapai 4 meter dapat membangkitkan daya listrik hingga mencapai 900 Watt sampai dengan 1200 Watt menggunakan turbin Kaplan, *Fixed Blade Propeller*. Daya ini dapat menerangi kebutuhan satu KK tanpa tergantung dengan aliran sungai (Sutriyono, Mochamad Trisno, 2016).

Kebutuhan battery

Jika menggunakan batterai dengan nilai 12V 105Ah,

Maka jumlah baterainya = 3840 watt/day : (12V x 105 Ah)
= 3840 watt/day : 1260 watt
= 3,047 pcs

Kebutuhan untuk mem-*backup* selama 3 hari = 3,047pcs x 3
= 9,141 pcs(dibulatkan menjadi 10 pcs)

Kebutuhan Solar charge controller (SCC)

Jika daya yang akan digunakan sebesar 900 watt, dan akan menggunakan baerai 12V, maka kebutuhan SCC nya adalah :

$I = P : V$
= 900 watt : 12V
= 75 A

Kebutuhan instalasi kabel Listrik

Tabel 1
Pemilihan kabel terhadap arus

| No. | Penampang Kabel (mm ²) | Kemampuan Hantar Arus (Ampere) |
|-----|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. | 0.75 | 12 |
| 2. | 2 | 15 |
| 3. | 1.5 | 18 |
| 4. | 2.5 | 26 |
| 5. | 4 | 34 |
| 6. | 6 | 44 |
| 7. | 10 | 61 |
| 8. | 16 | 82 |
| 9. | 25 | 100 |
| 10. | 35 | 135 |
| 11. | 50 | 168 |
| 12. | 70 | 207 |
| 13. | 95 | 250 |
| 14. | 120 | 292 |

Maka tabel yang harus digunakan yang berdiameter = $125\% \times I$

$$125\% \times 75 \text{ A}$$

$$93,75 \text{ A} \rightarrow \text{diameter } 25 \text{ mm}^2$$

4.KESIMPULAN

Berdasarkan data yang dikumpulkan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada daerah wisata di lokasi yang terpencil atau jauh dari jaringan listrik PLN, Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan (PLT-EBT) sangat cocok di terapkan untuk memberikan daya listrik.
2. Untuk membuat rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan (PLT-EBT) pada daerah wisata terpencil diperlukan beberapa tahap yaitu: perancangan, pembuatan, pengujian/pengambilan data dan kemudian analisis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Rosyid Idris, Fischer Siampa, Nirwan A. Noor, Sarma Thaha, "*Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sumbu Vertikal*". Jurnal Teknologi Elekterika. 2020, Volume 17 (1) : 28-34. Ujung Pandang
- Dines Ginting, 2007, "*Sistem Energi Angin Skala Kecil Untuk Pedesaan*". Jurnal Ilmiah Teknologi Energi, Vol.1, No.5, Agustus 2007.
- Encu Saefudin, Tarsisius Kristyadi, Muhammad Rifki, Syaiful Arifin, "*Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan*", Jurnal Rekayasa Hijau, ISSN: 2550-1070 No.3, Vol. I. 2017. Bandung
- Heri Kusnadi, Muhammad Rafly Ramdhan, Oky Supradi, "*Pembuatan Turbin Angin Vertikal Savonius Skala Rumah Tangga*". EPIC (Journal of Electrical Power, Instrument and Control) Teknik Elektro - Universitas Pamulang. DOI : 10.32493/epic.v4i1.11387. Tangerang Selatan.
- <https://anwarkholidi.wordpress.com/2018/06/04/30-bagaimana-menghitung-kebutuhan-plts-solar-panel/>
- <https://www.gesainstech.com/2021/06/turbin-kaplan-reaksi.html>
- <https://pasangpanelsurya.com/cara-memilih-solar-charge-controller/>
- Januard Brian, Sutrisno, "*Perancangan Dan Pembuatan Turbin Air Sebagai Pembangkit Listrik 750 Watt Pada Sungai Hidrokinetik*". Jurnal Universitas Kristen Petra
- Juan Bagas Saleh, Nurhayati, 2023, "*Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga*". Laporan Tugas Akhir. Ujung Pandang
- Sianipar, Rafael. 2014. "*Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*", dalam Jurnal JETri, Volume 11, Nomor 2, Februari 2014, Halaman 61 - 78, ISSN 1412-037. Jakarta Barat.
- Sutriyono, Mochamad Trisno, "Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Air Curah Hujan", Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri (SENIATI) 2016, ISSN : 2085-4218
- Yayang Yoga. R. P, 2014, "*Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Rumah Tangga untuk Pantai Malang Selatan*". Skripsi. Malang
- Yusuf Ismail Nakhoda, Choirul Saleh, 2017, "*Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai*". Industri inovatif Vol.7 No.1, Maret 2017 :20-28. Malang

