

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG MUHAMMADIYAH BOARDING SCHOOL DI PRAMBANAN DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Bangkit Dwiputra Erlangga, Romadoni Syahputra, Faaris Mujaahid
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Kasihan,
Bantul, Yogyakarta 55183
Email: bangkitdwip13@gmail.com

Intisari

Hasil dari perhitungan dan analisis dari perancangan sistem PLTS ini dibuat untuk mensuplai energi listrik pada lampu dan computer di MBS. Dari hasil perhitungan total kebutuhan daya listrik sebesar 193 kWh, dalam satu hari dapat disuplai menggunakan PLTS dengan kapasitas 55kWp. Perancangan sistem ini menggunakan konfigurasi 172 panel surya dengan kapasitas 320 Wp, 120 baterai 12 volt berkapasitas 105 Ah dan total biaya investasi PLTS sebesar Rp. 2928.487.629,- serta biaya pemeliharaan dan operasional sebesar Rp. 222.292.400,- per tahun.

Kata Kunci: Energi terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, PLTS

1. PENDAHULUAN

Krisis energi listrik di Indonesia pada saat ini sangatlah tinggi, dimana masih banyak daerah yang masih belum dapat menikmati energi listrik seperti di kota-kota besar. Kebutuhan energi listrik di Indonesia tiap tahunnya teruslah meningkat dikarenakan Indonesia merupakan negara berkembang yang dimana membutuhkan suplai energi listrik dengan kapasitas yang cukup besar dari PLN sebagai sumber energi listrik utama akan tetapi energi listrik yang dihasilkan oleh PLN tidak dapat menutup semua kebutuhan akan energi listrik yang ada di Indonesia. Oleh sebab itu perlu dibangun sistem pembangkit yang dapat membantu/menutupi kebutuhan akan energi listrik yang ada di Indonesia.

Indonesia merupakan negara dengan potensi energi terbarukan

(*renewable energi*) yang sangat melimpah, tetapi belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Energi terbarukan ini apabila dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya maka tidak ada lagi daerah di Indonesia yang masih kekurangan energi listrik. Energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia ada berbagai macam seperti, Biofuel, panas bumi, air, angin, matahari dan sebagainya.

Dalam surah An-Nur ayat 35 yang artinya:

“Allah adalah Nur (cahaya) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya itu, adalah seperti lubang yang tak tembus, yang didalamnya ada pelita. Pelita itu didalam kaca, dan kaca itu bagaikan bintang yang cemerlang bercahaya-cahaya seperti mutiara. Yang dinyalakan dengan minyak dari

pohon yang banyak berkahnya, yaitu pohon Zaitun ; yang tidak tumbuh di timur maupun di barat. Yang minyaknya saja hampir-hampir cukup menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahayanya diatas cahaya (berlapis-lapis). Allah-lah yang menunjukki kepada cahaya-Nya siapa yang dikehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu”.

Dari ayat diatas dapat kita lihat bahwa ilmu pengetahuan dan teknologi sudah ada sejak dahulu namun manusia belum mengetahuinya, dan ilmu yang ada di perumpamakan dengan hal-hal lain, hal ini menjadikan fakta dibalik ilmu itu semua. Tak hanya manusia yang dapat memberikan arti penting itu listrik namun al quran sudah berbicara dahulu sebelum listrik itu ada.

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemanfaatan PLTS dapat digunakan di berbagai tempat seperti, rumah, pabrik, perusahaan, ataupun masyarakat luas. Dimana PLTS ini sangat cocok untuk diterapkan/digunakan di Indonesia yang sebagian besar daerahnya beriklim tropis, sehingga energi listrik yang dihasilkanpun cukup besar sebagai sumber energi listrik alternatif atau cadangan. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS sangat di pengaruhi oleh radiasi energi cahaya matahari yang diterima oleh permukaan solar panel dan bahan yang digunakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLTS

Menurut I K. Agus Setiawan, dkk (2014) Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau biasa disebut PLTS merupakan sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi sinar

matahari sebagai sumber energinya yaitu dengan cara memanfaatkan iradiasi cahaya matahari yang akan menghasilkan energi listrik yang kemudian akan dialirkan melalui jaringan menuju ke pengguna. PLTS memanfaatkan energi cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC yang kemudian akan diubah menjadi listrik AC apabila diperlukan.

2.2 Panel surya

Panel surya merupakan rangkaian dari beberapa sel surya yang terhubung secara seri ataupun paralel yang disusun sedemikian rupa hingga berbentuk persegi ataupun persegi panjang, dilaminasi dan dilapis dengan kaca khusus serta diberi penguat rangka atau *frame* pada keempat sisinya. Setiap panel surya dirancang sedemikian rupa sehingga mempunyai daya puncak yang spesifik. Ketika panel surya terkena pancaran sinar matahari maka secara umum satu sel surya akan menghasilkan tegangan listrik searah (DC) sebesar 0,5 sampai dengan 1 volt serta arus *short-circuit*. Besar tegangan dan arus yang dihasilkan tersebut tidak dapat diaplikasikan secara langsung maka sel surya akan disusun secara seri dan juga paralel sehingga membentuk sebuah set yang disebut panel surya.

2.3 Baterai

Baterai merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia. Baterai terbagi menjadi dua jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Pada sistem PLTS baterai yang digunakan adalah baterai jenis sekunder.

Baterai sekunder merupakan jenis baterai yang dapat diisi ulang atau *rechargeable battery*. Baterai pada PLTS memiliki fungsi untuk menyimpan kelebihan daya dari PLTS yang selanjutnya akan digunakan untuk

memberikan daya listrik ke sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel surya. Jenis baterai sekunder yang sering dipakai untuk kapasitas yang besar seperti baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) atau sering disebut SLA (*Sealed Lead Acid*) dan Li-Ion (*Lithium-Ion*) dikarenakan baterai VRLA tidak memerlukan perawatan (*maintenance free*) sedangkan baterai Li-Ion dapat menyimpan daya lebih lama dan lebih besar. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan *deep cycle lead acid*, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (*discharge*) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan *inverter*. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya.

2.4 Inverter

Inverter merupakan komponen elektronik yang berfungsi mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). *Inverter* nantinya akan mengubah arus listrik searah (DC) dari komponen seperti baterai, panel surya arus listrik bolak-balik (AC).

2.5 SCC

Solar charge controller merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengatur daya dan tegangan yang akan masuk ke baterai dari panel surya. Komponen ini akan memastikan baterai tidak terisi secara berlebihan pada siang hari, dan daya tidak kembali

menuju ke panel surya pada malam hari dan menguras baterai.

2.6 Rumus perhitungan

Untuk menentukan Energi yang dihasilkan oleh Solar Panel terlebih dahulu harus mengetahui berapa jumlah panel yang akan digunakan dan mengetahui Max Power Panel Surya tersebut, untuk dapat mengetahui berapa jumlah Max Power pada Panel Surya, biasanya dapat diketahui dengan cara melihat spesifikasi Panel Surya tersebut dikarenakan setiap Panel Surya memiliki *Max Power* yang berbeda-beda setelah itu, lalu menentukan jumlah jam kerja efektif Panel Surya. Jam kerja efektif Panel Surya yaitu 3-5 jam/hari.

2.7 Perhitungan solar panel

Berikut merupakan rumus untuk menghitung energi yang dihasilkan Solar Panel :

$$P = W / (t \times \text{kef} \times \text{eff.modul})^1$$

Keterangan:

P = Kapasitas dari PLTS (kWp)

W = Total kebutuhan beban (kWh)

Eff modul = Nilai efisiensi modul (Bagus Ramadhani, 2018)

t = Jam Kerja Efektif panel surya (SNI IEC 04-6394-2000)

kef=Nilai koefisien dari PLTS (*Photovoltaics Systems Engineering Second Edition*, 2003)

2.8 Perhitungan baterai

Untuk menghitung jumlah baterai yang dibutuhkan menggunakan rumus sebagai berikut:

Baterai = Otonomi sistem x Total kebutuhan (MWH) / Efisiensi¹

Keterangan,

Otonomi = Cadangan Baterai 2 hari jika tidak ada sinar matahari

¹ Arfianto, Febri, Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya OFF-GRID di atap Parkiran motor Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2018, hlm 9

Efisiensi = Efisiensi baterai x Efisiensi penghantar
Efisiensi baterai = 0,85 (Bagus Ramadhani, 2018)
Efisiensi penghantar = 0,98 (*Photovoltaics Systems Engineering Second Edition*, 2003)

Rumus konversi dari KWh ke Ah
Baterai (Ah) = Baterai (MWh) 1000/
Nominal tegangan baterai¹

Rumus perhitungan kapasitas baterai yang digunakan sistem
Kapasitas Baterai = Baterai (Ah) / DOD¹
Keterangan,
DOD = *Depth of Discharge* (80%) (Permen ESDM No.36 thn 2018)

2.9 Perhitungan SCC

Berikut rumus untuk menghitung berapa Kebutuhan *solar charge controller* (SCC) yang akan digunakan (Muhammad Fahmi Hakim, 2017):
 $SCC = \frac{\text{Kapasitas total PLTS}}{\text{Output SCC (kW)}}$ ¹
Keterangan,
SCC = Jumlah Kebutuhan *Solar Charge Controller*
Kapasitas total PLTS= Total beban PLTS
Output SCC = output power SCC

2.10 Analisis perhitungan keekonomian

Analisis perhitungan ROI (*Return On Investment*) adalah rasio yang menunjukkan nilai dari jumlah aktiva yang digunakan dalam perusahaan atau suatu ukuran tentang efisiensi manajemen. Rasio ini menunjukkan nilai dari seluruh aktiva yang dikendalikan dengan mengabaikan nominal pendanaan, rasio ini biasanya diukur dengan persentase. *Return On Investment* dijalankan menurut Peraturan Menteri ESDM No.17 Tahun 2013 yang berisi tentang pembelian energi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dibeli oleh PLN, menjelaskan bahwa

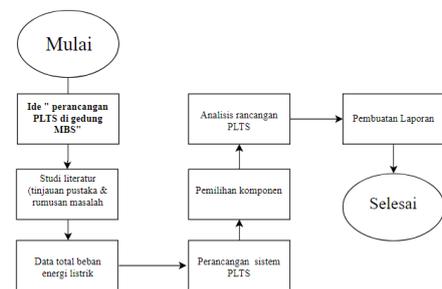
harga US\$ 25 sen/kWh (dua puluh lima sen dolar Amerika Serikat per kilo watt hour) harga tersebut adalah harga pembelian energi tenaga listrik dari PLTS .

2.11 Pemeliharaan dan operasional

Diperhitungkan bahwa sebesar 1 - 2% dari total biaya investasi awalnya untuk suatu biaya pemeliharaan dan operasional per-tahun untuk PLTS, (Jais, 2012). Pada penelitian ini menurut sumber tersebut, akan ditetapkan sebesar 1% dari total investasi awal, besarnya suatu persentase tersebut untuk digunakan per-tahun yang mencakup biaya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan dan instalasi, lalu untuk pekerjaan pembersihan panel surya.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode wawanacra. Dimana metode kuantitatif merupakan salah satu metode yang menjawab masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan statistik. Pada metode kuantitatif terdapat tahapan-tahapan kegiatan sebagai yaitu studi literatur, pengambilan data, dan konsultasi.



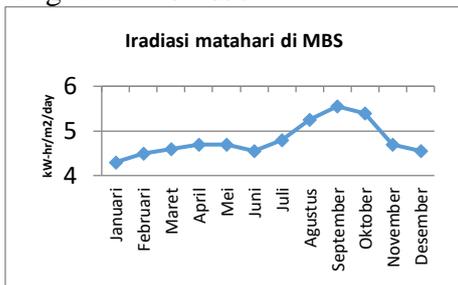
Gambar 1 Flowchart

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data iradiasi matahari

Nilai iradiasi matahari dan posisi matahari pada penelitian ini diperoleh

dari database *Surface Meteorology and Solar Energi* (SSE) milik *National Aeronautic and Space Administration* (NASA). Untuk memperoleh data nilai iradiasi matahari dari SSE NASA tersebut diperlukan titik koordinat lokasi penelitian yang akan dipasang PLTS. Berikut grafik nilai iradiasi matahari yang diperoleh dari *database* SSE NASA dengan titik koordinat lokasi yaitu latitude -7.7815 dan longitude 110.4853



4.2 Suhu lokasi

Data dari suhu lokasi berasal dari *database Surface Meteorology and Solar Energi* milik *National Aeromatic and Space Administration* (NASA). Data yang diambil yaitu berupa data suhu ekstrim minimum, dan maksimum serta suhu rata-rata dair lokasi perancangan PLTS.

No	Jenis	Nilai
1	Suhu ekstrim minimam	20°
2	Suhu rata-rata	25°
3	Suhu ekstrim maksimum	33°

4.3 Data beban energi listrik

Dikarenakan Kapasitas PLTS menggunakan sistem *off grid*, maka pemilihan kuota energi listrik harus dilakukan secara tepat guna memperoleh nilai total kebutuhan beban yang sesuai. Hal tersebut dilakukan karena nilai kapasitas pembangkit listrik sistem *off grid* memiliki kapasitas terbatas guna melyani kebutuhan total kapasitas

beban yang lebih optimal. Dalam melakukan pemilihan kuota energi listrik dapan menggunakan standar SNI 04-6394-2000, yang mengatur perihal *minimum daily energi services* yang dapat disuplai oleh sistem.

4.4 Pengolahan data

Menentukan nilai *Equan Sun Hours* (ESH) dilakukan untuk menentukan kasifikasi kelas iradiasi yang mengacu pada standar SNI IEC 04-6394-2000 agar dapat mengetahui lama waktu efektif matahari yang akan digunakan untuk perancangan sistem PLTS nantinya. Dibawah ini merupakan nilai rata-rata iradiasi di MBS yang diambil dari NASA SSE.

Rata-rata = $4,8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ (kategori IIIa)

4.5 Total kebutuhan beban

Perhitungan total kebutuhan beban dilakukan setelah memperoleh jumlah total kebutuhan energi listrik penerangan, pendingin, dan peralatan elektronik yang ada pada gedung MBS yang bertujuan untuk menentukan jumlah total kebutuhan beban juga menggunakan nilai toleransi cadangan energi sebesar 30% (Triyanto Pangaribowo, 2016) diatas kapasitas total beban yang berguna untuk memberikan kapasitas toleransi apabila terjadi kenaikan beban yang terpasang. Sedangkan untuk perhitungan rugi-rugi tyang terjadi, mengacu pada standar IEEE 1562:2017 yang mengatur perhitungan rugi-rugi dari sistem sebesar 10-20%

4.6 Total kapasitas PLTS

Setelah diketahui total kebutuhan beban maka selanjutnya menentukan kapasitas PLTS yang akan dirancang pada lokasi MBS dengan nilai

perhitungan yang telah diperoleh yaitu sebagai berikut:

- a. Kebutuhan energi listrik pada lokasi sebesar 196 kWh dalam satu hari.
- b. Nilai kelas ESH lokasi MBS yaitu 5 jam.
- c. Nilai koefisien dari PLTS sebesar 0,8. (*Photovoltaic Systems Engineering Second Edition*, 2003)
- d. Nilai efisiensi dari modul 88,5%. (Bagus Ramadhani, 2018)

Pada perhitungan kapasitas baterai, pada setiap sistem memiliki nilai efisiensi masing-masing yaitu efisiensi inverter, efisiensi baterai, dan efisiensi dari penghantar. Untuk nilai dari efisiensi baterai berdasarkan otonomi sistem sedangkan untuk efisiensi dari penghantar sebesar 98%. Perhitungan dari kapasitas baterai yang dibutuhkan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$\text{Baterai} = \text{Otonomi sistem} \times \text{Total kebutuhan (MWh)} / \text{Efisiensi}$$

Keterangan,

Otonomi sistem = Cadangan baterai 2 hari jika tidak ada sinar matahari

Efisiensi = Efisiensi baterai x efisiensi penghantar

Efisiensi baterai = 0,85
(Bagus Ramadhani, 2018)

Perhitungan biaya operasional dilakukan untuk memperhitungkan biaya dari sistem jika perencanaan sistem dapat dilakukan dan beroperasi sehingga menghasilkan energi listrik. Pada perhitungan biaya operasional sebesar 1% dari total biaya investasi (Vember Restu Kossi, 2017) yang mencakup perhitungan biaya untuk teknis pada lokasi PLTS dan perawatan yang dilakukan secara rutin dalam satu tahun serta apabila terjadi pengeluaran tidak terduga sebesar 10%. Di bawah ini merupakan tabel perhitungan biaya operasional dari sistem.

5. KESIMPULAN

1. Konfigurasi sistem PLTS yang digunakan pada gedung MBS yakni sebanyak 172 panel surya dengan kapasitas masing-masing 320Wp, 120 buah baterai dengan sistem 48V, 4 buah inverter yang berkapasitas 15 kW dan 18 buah SCC yang masing-masing memiliki keluaran sebesar 3200W.
2. Kombinasi ini dapat menghasilkan daya listrik sebesar per tahun dengan konsumsi listrik kisaran 196 kWh per hari dan apabila dihitung dalam satu tahun dapat menghasilkan energi listrik sebesar 70.560 kWh.
3. Biaya investasi awal yang dibutuhkan untuk perancangan PLTS berdasarkan perhitungan sebesar Rp. 2.928.487.629,- dan biaya operasional sebesar Rp. 222.292.400,- tiap tahunnya. Tingginya biaya investasi dari PLTS disebabkan beberapa komponen yang tidak diproduksi di dalam negeri sehingga melakukan pembelian dari luar negeri.
4. Setelah melakukan perhitungan ROI dan PP maka biaya investasi dari perencanaan PLTS akan kembali dalam kurun waktu 26 tahun 4 bulan dengan perkiraan umur penggunaan panel surya selama 25 tahun. Nilai PP yang diperoleh tersebut dikarenakan saving / arus kas masuk tiap tahunnya cukup kecil dibandingkan dengan biaya pengeluaran yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, Muhammad Fahmi. 2017. Perancangan *Rooftop Off Grid* Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
- Jufrizel, MT dan Muhammad Irfan, ST. 2017. Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *On-Grid*. Jurnal. Pekanbaru. Fakultas

Sains dan Teknologi. UIN Sultan
Syarif Kasim Riau

- Naim, Muhammad dan Setyo Wardoyo. 2017. *PLTS On-Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu, Kecamatan Towuti*. Teknik Mesin. Akademi Sorowako
- Ismail, G. 2018. Perancangan Sistem PLTS Fotovoltaik Terpusat untuk Memenuhi Kebutuhan Tenaga Listrik di Desa Terpencil. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Nomor 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. (2017). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Nomor 36 Tahun 2018 tentang Petunjuk Operasional Pelaksanaan Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang Energi Skala Kecil. (2018). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. (2017). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Ramadhani Bagus, 2018, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: *Dos & Don'ts*, Jakarta: GIZ.
- Ramadhani Bagus, 2018, Dasar-dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Jakarta: GIZ.