

JRL	Vol.10	No.1	Hal. 33 - 44	Jakarta, Juni, 2017	p-ISSN : 2085.3866 e-ISSN : 2580-0442
-----	--------	------	--------------	------------------------	--

PERANCANGAN SISTEM PEMOMPAAN AIR SAMPEL TENAGA SURYA UNTUK SISTEM ONLINE MONITORING KUALITAS AIR SUNGAI

Galih Setiaji

Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT
galih.setiaji@bppt.go.id

Abstrak

Pada tahun 2014 KLHK dan BPPT telah melakukan pengkajian dan penerapan teknologi online monitoring kualitas air sungai (Onlimo) di sungai Ciliwung. Peran sistem Onlimo ini adalah untuk mempermudah upaya pengendalian pencemaran sungai. Tahun 2015 dan 2016 KLHK dan BPPT telah melakukan pemasangan sistem Onlimo di 10 lokasi pada 4 DAS prioritas. Dalam sistem Onlimo tersebut terdapat dua metode pemasangan sensor yaitu: pencelupan secara langsung ke dalam sungai dan pengukuran di luar sungai. Pada sistem pengukuran di luar sungai, sampel air sungai dipompa dari sungai menuju tangki yang telah tersedia sensor di dalamnya. Sistem pemompaan sampel air sungai diaplikasikan saat kondisi sungai tidak memungkinkan untuk dilakukannya pencelupan sensor secara langsung. Saat ini sistem pemompaan masih diaplikasikan pada daerah yang memiliki suplai listrik PLN karena konsumsi listrik yang cukup besar untuk menjalankannya. Dengan rencana KLHK yang menargetkan penerapan sistem online monitoring kualitas air di 15 DAS prioritas, maka penting untuk dipersiapkan perancangan sistem pengambilan sampel dengan energi alternatif agar dapat ditempatkan di lokasi manapun tanpa tergantung listrik dari PLN. Pada perancangan ini telah dihasilkan rancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat menyuplai kebutuhan listrik sebuah sistem pemompaan air sampel untuk sistem online monitoring kualitas air selama 24 jam.

Kata Kunci : online monitoring, kualitas air, sensor, pembangkit listrik, tenaga surya

Design of Solar Powered Water Sample Pumping System for Online River Water Quality Monitoring

Abstract

In 2014, Ministry of Environment and Forestry (KLHK) and Agency For The Assessment and Application of Technology held a joint research for assessment and application of Online Water Quality Monitoring system (Onlimo) installed in Ciliwung river. The main purpose of Onlimo installation in the river is to ease the government efforts in controlling river pollution. In 2015 and 2016, KLHK and BPPT have installed the system in 10 (ten) locations in 4 (four) main watersheds in Indonesia. There are two methods for measuring the river water which are: direct immersed sensors measurement in a river and indirect water measurement. In the indirect measurement, river water is lifted from river to a tank which already has installed sensors in it. This indirect measurement is used when the sensors are difficult to install directly in the river because of the river topography. By now, the indirect measurement requires electric energy from the electricity company and installed in the area that provides an electricity grid. KLHK will continue the Onlimo project until it is installed in 15 (fifteen) main watershed in Indonesia, so it is important to make a design of indirect measurement that using the other energy source so it can be applied in all kind of river area. This article provides the design of Solar Power System that can provide the electric energy for the indirect measurement system for 24 hours.

Keywords: online monitoring, water quality, sensors, power generator, solar power

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

KLHK dan BPPT pada tahun 2014 telah melakukan pengkajian dan penerapan teknologi online monitoring kualitas air sungai di Sungai Ciliwung. Peran sistem online monitoring kualitas air ini adalah untuk mempermudah upaya pengendalian pencemaran sungai. Tahun 2015 hingga 2019 BPPT dan KLHK berencana untuk menerapkan sistem online monitoring di beberapa DAS prioritas di Indonesia.

Tahun 2015 BPPT dan KLHK telah memasang 3 sistem online monitoring (2 titik di sungai Ciliwung dan 1 titik di sungai Citarum). Selanjutnya tahun 2016 BPPT dan KLHK melanjutkan proyek pemasangan sistem tersebut dengan membangun 7 buah sistem online monitoring (1 titik di sungai Ciliwung, 2 titik di sungai Cisadane, 2 titik di sungai Serayu dan 2 titik di sungai Bengawan Solo).

Kesepuluh sistem online monitoring kualitas air yang telah dipasang pada tahun 2015 dan 2016 tersebut memiliki dua buah metode pengukuran yaitu metode celup langsung dan metode pemompaan air sampel. Metode celup langsung adalah metode pengukuran dengan mencelupkan sensor langsung ke dalam sungai. Metode ini adalah metode yang paling ideal karena sensor dapat mengukur secara langsung air sungai di badan sungai. Metode yang ke-dua adalah metode pemompaan air sungai. Metode pemompaan air sungai ini adalah metode pengukuran dengan memompa air sungai ke tangki yang berada di bangunan pelindung RTU (Remote Terminal Unit) yang umumnya berada di daratan di pinggir sungai. Di dalam tangki tersebutlah sensor ditempatkan.

Sistem pemompaan dibangun untuk mengatasi beberapa masalah yang kemungkinan dapat terjadi yang mana beresiko untuk merusak sensor. Dalam penelitian di tahun 2014 telah dihasilkan prototipe sistem online monitoring kualitas air yang diujicobakan di Sungai Ciliwung di halaman Masjid Istiqlal. Selama 3 bulan pengujian kendala yang dihadapi adalah dalam hal kondisi sampah dan air sungai. Sungai ciliwung memiliki banyak sampah yang beragam. Sampah yang beragam tersebut terbilang sangat ekstrim karena banyak sampah berukuran besar dan destruktif seperti kayu batangan, peralatan rumah tangga dan lain-lain. Pada penelitian tersebut telah

dilakukan beberapa kali upaya untuk mengatasi masalah sampah yang dikhawatirkan akan merusak sensor yang telah dipasang. Upaya tersebut adalah dengan memperkuat konstruksi pelindung sensor dan dengan membuat penghalang sampah yang dibangun di depan pipa pelindung sensor dari arah aliran sungai. sistem penghalang sampah tersebut sangat handal untuk menghalau sampah-sampah kecil seperti plastik dan ranting dan sampah-sampah yang dihalau tersebut tidak menumpuk di sistem penghalang melainkan kembali terbawa arus ke rute yang tidak melewati sensor. Kekurangan dari sistem penghalang tersebut adalah dibutuhkan konstruksi yang sangat besar dan tidak bisa dibangun jika kondisi sungai tidak memiliki dinding sepadan. Ditambah lagi apabila terdapat sampah-sampah yang berukuran besar seperti kayu gelondongan, sistem penghalau tersebut tidak mampu untuk menghalau yang nantinya akan berakibat merusak sensor atau yang lebih buruk lagi sensor akan terbawa oleh sampah besar tersebut.

Sistem pemompaan yang telah dirancang dan dibangun memiliki kehandalan yang tinggi dan tidak memerlukan banyak maintenance. Sistem pemompaan yang telah dibangun terdiri dari: pompa sentrifugal, solenoid valve, tangki penampung sensor, tangki pengisisi pompa, check valve dan sistem perpipaan.

Saat ini sistem pemompaan tersebut masih tergantung pada sumber listrik PLN sehingga untuk daerah sungai yang terpencil yang tidak memiliki sumber dari PLN, sistem pemompaan tidak dapat diterapkan sehingga harus menggunakan metode celup langsung. Dengan rencana KLHK yang menargetkan penerapan sistem online monitoring kualitas air di 15 DAS prioritas hingga tahun 2019 maka penting untuk dipersiapkan perancangan sistem pengambilan sampel dengan energi alternatif.

Alternatif energi yang saat ini mudah dijalankan adalah dengan menggunakan energi surya. Intensitas radiasi matahari rata-rata di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m² (Rahardjo et al 2005). Dengan intensitas tersebut, Indonesia memiliki sumber radiasi yang relatif lebih tinggi jika dibanding dengan negara-negara 4 musim. Saat ini di Indonesia telah banyak produk komponen sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mulai dari modul fotovoltaik, battery, inverter, kontroler, dll.

Telah banyak penelitian ilmiah yang membuktikan bahwa pembangkit listrik tenaga surya lebih handal (Reliabel) dan memiliki

kelangsungan hidup (Viability) yang tinggi dibandingkan dengan sumber energi listrik konvensional seperti genset.

Kolhe et al 2002, melakukan penelitian mengenai perbandingan kehandalan secara analisis ekonomi antara sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Stand-Alone dengan Genset di India. Dalam penelitian tersebut telah dianalisis beberapa biaya yang dibutuhkan untuk ke dua sistem tersebut. Untuk PLTS analisis ekonomi dilakukan pada biaya operasi dan maintenance, dan biaya penggantian baterai, sedangkan untuk sistem genset, analisis ekonomi dilakukan pada biaya konsumsi bahan bakar, pemeliharaan rutin (oli-filter, perawatan mesin, overhaul), dan biaya penggantian generator/mesin saat sudah tidak layak. Dalam penelitian tersebut juga dilakukan perkiraan parameter lain seperti harga modul fotovoltaik yang semakin murah, harga BBM yang cenderung meningkat, umur genset, eskalasi kebutuhan BBM, insulasi matahari, PV array cost, dan kehadandalan system PLTS. Kesimpulan yang didapat dari penelitian tersebut adalah bahwa PLTS memiliki biaya yang lebih murah dibandingkan dengan genset meskipun dalam kondisi ekonomi wilayah yang tak baik.

SELF 2008, merupakan organisasi yang bergerak dibidang tenaga surya telah melakukan beberapa penelitian mengenai perbandingan kebutuhan biaya PLTS Stand-Alone dengan Genset di Nigeria, Namibia, dan beberapa negara lain di afrika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS lebih reliable dikarenakan kondisi wilayah yang sangat sulit untuk mendapatkan BBM.

Ahmad et al 2015, melakukan penelitian perbandingan kebutuhan biaya antara genset dengan PLTS sebagai sumber listrik untuk BTS tower. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam konteks remote area, PLTS lebih unggul dan lebih ekonomis dikarenakan tidak memerlukan biaya perawatan yang besar tidak seperti genset yang memerlukan biaya untuk operator dan biaya BBM harian.

Suryatek, melakukan beberapa studi perhitungan ekonomi mengenai perbandingan kebutuhan biaya sistem PLTS dengan Genset pada daerah terpencil. Dengan memperhitungkan investasi awal, konsumsi bahan bakar, maintenance, dan penggantian komponen, dalam jangka waktu 20 tahun, PLTS 30 kWp memiliki biaya Rp. 1.715.136.187 lebih murah jika dibandingkan dengan Genset 10 kW.

Dengan potensi sumber daya tenaga surya dan permasalahan penyediaan sumber energi listrik untuk sistem pemompaan sistem online monitoring kualitas air, maka penting untuk dilakukan pembuatan paket teknologi sistem pemompaan dengan sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan sistem pemompaan air sungai tenaga surya yang digunakan untuk pengambilan sampel air pada sistem online monitoring kualitas air.

II. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk melaksanakan perancangan ini adalah sebagai mana ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut :



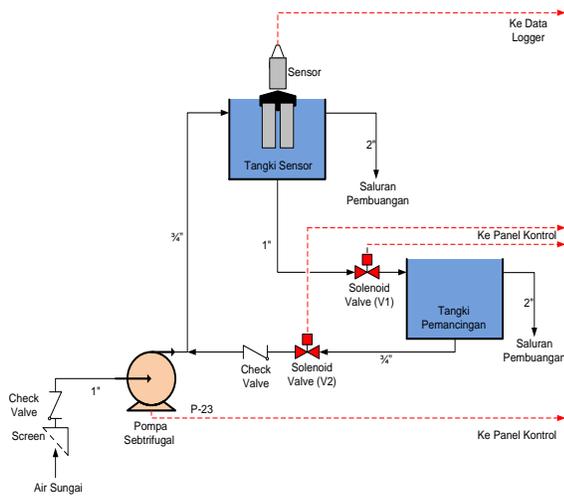
Gambar 1. Metodologi Perancangan Sistem

- Identifikasi masalah dilakukan dengan studi literatur mengenai permasalahan sistem pemompaan saat ditempatkan di daerah terpencil.
- Studi literatur sistem pembangkit listrik tenaga surya dilakukan dengan mempelajari beberapa sumber literatur (Buku, Jurnal, datasheet) tentang perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya.
- Perancangan sistem dilakukan dengan mendesain kebutuhan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dibutuhkan untuk sebuah sistem pemompaan air sungai pada sistem online monitoring kualitas air yang telah dibangun oleh KLHK dan BPPT.
- Penggambaran desain dilakukan dengan menggunakan software Microsoft Visio dan SketchUp.
- Simpulan dari perancangan ini adalah rekomendasi sistem dari penulis berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan.

III. TINJAUAN PUSTAKA

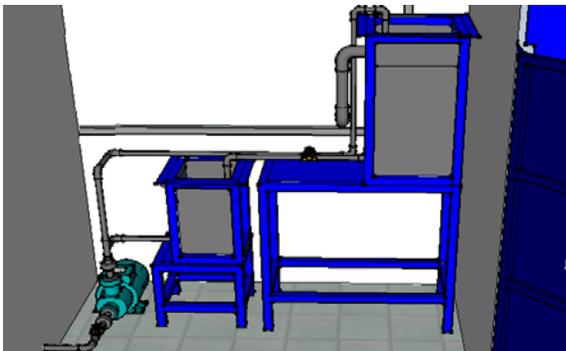
3.1. Sistem Pemompaan Air Sungai

Sistem pemompaan air sungai yang telah dibangun ditempatkan pada bangunan pelindung yang berukuran 2 m x 1,5 m dengan tinggi 3 m. Komponen utama dari sistem pemompaan ini adalah diantaranya: pompa sentrifugal, tangki penampung air (sensor), tangki pengisi air pompa (tangki pemancingan), panel kontrol dan sistem perpipaan. Gambar 2 merupakan desain skematik sistem pemompaan yang telah dibuat



Gambar 2. Desain Skematik Sistem Pemompaan (S. Galih, 2016)

Gambar 3 merupakan sketsa sistem pemompaan di dalam bangunan pelindung sensor, sedangkan Gambar 4 merupakan contoh bangunan pelindung sistem online monitoring di sungai Ciliwung segmen Masjid Istiqlal.



Gambar 3. Sketsa Sistem Pompa (S. Galih, 2016)



Gambar 4. Bangunan Pelindung Sistem Online Monitoring Di Sungai Ciliwung Segmen Masjid Istiqlal (S. Galih, 2016)

3.2. Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

3.2.1. Komponen-Komponen Utama PLTS

a. Fotovoltaik (Photovoltaic)

Secara harfiah fotovoltaik mempunyai arti cahaya-listrik yang berarti proses konversi energi cahaya menjadi energi listrik yang dilakukan oleh sel fotovoltaik, penemunya adalah Edmond Becquerel dan kawan-kawan pada abad ke-18. Prinsip kerja sel fotovoltaik silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Ketika foton mengenai sel fotovoltaik reaksi yang dihasilkan adalah adanya pemisahan elektron yang menuju ke salah satu lapisan sel sehingga terbentuklah arus / tegangan pada sel fotovoltaik.

Daya yang dihasilkan modul fotovoltaik adalah sama dengan hasil kali arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik :

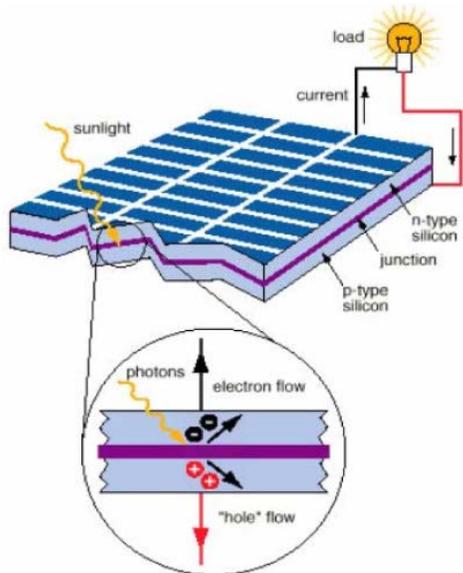
$$P_{max} = V_m \times I_m \quad (1)$$

Keterangan:

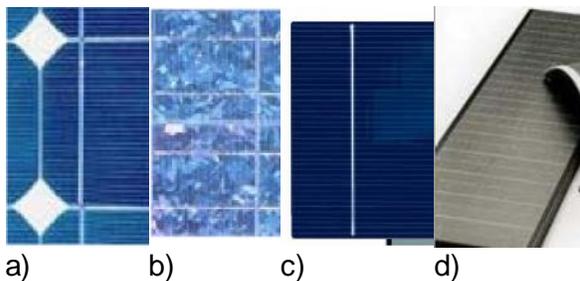
V_m = tegangan maksimum (Volt)

I_m = arus maksimum (Ampere)

P_{max} = daya maksimum (Watt)



Gambar 4. Konversi cahaya matahari menjadi listrik (PPPPTK, 2008)



Gambar 5. Beberapa Jenis Modul Fotovoltaik (PPPPTK, 2008)

Saat ini telah berkembang beberapa modul fotovoltaik yaitu: Monokristal, Polikristal, Edge Defined Film Growth Ribbon (EFG), dan Thin Film. Modul Monokristal (Gambar 5.a) memiliki kemurnian material silikon yang sangat tinggi yakni 99,99 %. Modul monokristal ini mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yakni 16-17 %, bahkan silikon sel fotovoltaik produksi "SunPower" mempunyai efisiensi hingga 20% (Yuliarto, 2006). Modul Polikristal (Gambar 5.b) dibuat dengan material campuran dan memiliki efisiensi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Modul Monokristal yakni sebesar 12-14%. Modul EFG (Gambar 5.c) merupakan modul yang pembuatannya menggunakan metode penumbuhan "wafer" monokristal seperti pita langsung dari cairan silikon dengan menggunakan pita kapiler yang dapat menghasilkan sel dengan lebar 5-10 cm. Modul EFG ini memiliki efisiensi konversi sebesar 13 %. Modul Thin Film (Gambar 5.d) memiliki bentuk

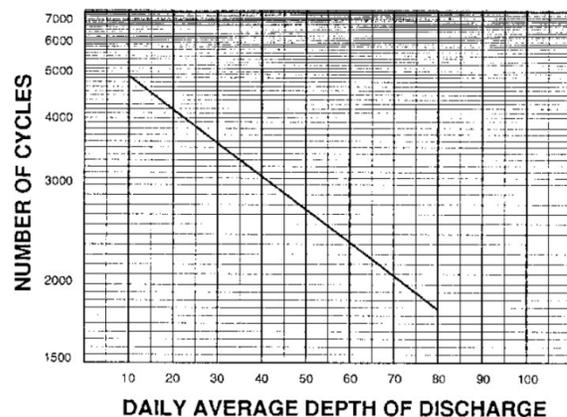
yang tipis dan lentur dengan efisiensi konversi hingga 19,5%. Modul ini dibuat dengan mencampur material silikon dengan bahan kadmium tellurida (CdTe) dan tembaga indium galium selenida (CIGS).

b. Baterai (Battery)

Salah satu komponen yang cukup penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah komponen baterai. Komponen ini merupakan jantung sistem untuk bekerja setiap saat sebagai penyimpanan energi dari fotovoltaik.

Baterai menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul fotovoltaik pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul fotovoltaik tidak dapat lagi menghasilkan energi listrik. Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan, akan tetapi jika terjadi kondisi beban yang berlebih pada siang hari, baterai dapat dipergunakan menambah beban yang dihasilkan modul surya.

Baterai yang digunakan dalam sistem PLTS merupakan baterai jenis "Deep Cycle" yaitu baterai yang dibuat dengan pelat lebih tebal yang memungkinkan untuk melepaskan energi listrik dalam selang waktu yang panjang. Semakin tebal pelat baterai semakin panjang usia baterai yang diharapkan. Baterai deep cycle dirancang untuk dapat melakukan pelepasan (discharge) sampai dengan 80% DOD (Deep of Discharge) dari kapasitas total pada tiap siklusnya. Gambar 6 menunjukkan grafik jumlah siklus (number of cycle) baterai vs DOD baterai. Semakin besar rata-rata DOD baterai maka semakin sedikit siklus baterai tersebut. Artinya jika rata-rata DOD baterai adalah 80% maka siklus baterai (berdasarkan grafik Gambar 6) hanya berjumlah kurang dari 2000 siklus.



Gambar 6. Grafik Jumlah Siklus (*number of cycle*) Baterai VS DOD Baterai (PPPPTK, 2008)



Gambar 7. Baterai Deep Cycle (PPPPTK, 2008)

c. Battery Charger Regulator

BCR (Battery Charge Regulator) mempunyai beberapa istilah lain diantaranya BCU (Battery Control Unit) dan SCC (Solar Charge Controller). BCR merupakan piranti charger baterai dengan sumber atau input untuk pengisian baterainya berasal dari modul fotovoltaik. Alat ini biasanya juga dilengkapi dengan hardware untuk manajemen energi, inverter, dan beberapa fungsi lain seperti proteksi sistem, indikator dan bahkan terdapat pencatat data sistem.

Beberapa fungsi penting BCR adalah sebagai berikut :

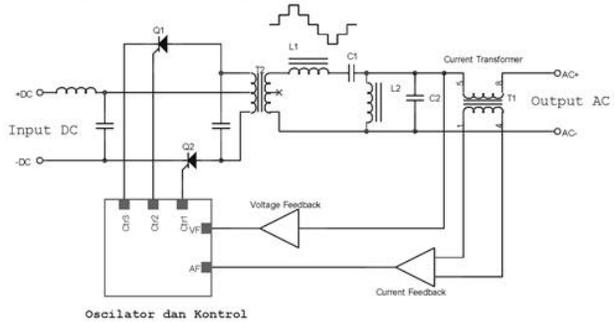
- Mengatur transfer energi dari modul PV → baterai → beban, secara efisien dan semaksimal mungkin;
- Mencegah baterai dari *overcharge* dan *underdischarge*;
- Membatasi daerah tegangan kerja baterai;
- Menjaga / memperpanjang umur baterai;
- Mencegah beban berlebih dan hubung singkat;
- Menghindari dari kesalahan polaritas terbalik;
- Memberikan informasi kondisi sistem pada pemakai.

Pemilihan BCR dilakukan berdasarkan kebutuhan tegangan kerja dan arus maksimal sistem. Tegangan kerja sistem pada umumnya adalah 12 V, 24 V, atau 48 V. Sedangkan untuk parameter arus, arus maksimal BCR harus berada di atas arus maksimal sistem. (P. Irawan, 2011)

d. Inverter

Inverter berfungsi untuk mengubah tegangan *direct-current* (DC) menjadi tegangan *alternating current* (AC) berupa sinyal sinus

setelah melalui rangkaian pembentuk gelombang dan rangkaian filter. Tegangan output yang dihasilkan harus stabil baik amplitudo maupun frekuensi, memiliki distorsi yang rendah, dan tidak terdapat tegangan transien. Gambar 8 berikut ini adalah contoh sistem quasi-square wave inverter. Sistem ini dapat menghasilkan sinyal dengan duty-cycle yang bervariasi dengan menggunakan rangkaian paralel LC.



Gambar 8. Rangkaian inverter dengan tipe quasi-square wave (PPPPTK, 2008)

Tipe inverter quasi-square tidak cocok untuk digunakan jika beban berupa motor listrik atau peralatan elektromekanik. Untuk peralatan seperti motor listrik sebaiknya menggunakan inverter yang menghasilkan gelombang sinus murni (Pure Sine Wave Inverter).

3.2.2. Dasar Perancangan PLTS

a. Beban Sistem

Penentuan kebutuhan beban yang akan disuplai merupakan langkah awal dalam merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Jumlah energi harian yang dibutuhkan oleh sebuah beban dihitung dengan menggunakan Persamaan (2).

$$W = P \times t \quad (2)$$

Keterangan :

W = energi harian (Wh)

P = daya beban (W)

t = lama penggunaan per hari (h)

b. Kapasitas Daya Modul Fotovoltaik

Kapasitas daya modul fotovoltaik dapat dihitung dengan memperhatikan faktor – faktor kebutuhan energi dari sistem yang disyaratkan, faktor penyesuaian (*adjustment factor*), dan insolasi matahari. Faktor penyesuaian pada sebagian besar instalasi PLTS adalah 1,1 (Mark Hankins, 1991 Small Solar Electric System for Africa). Data insolasi matahari dapat diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) atau dari satelit NASA secara online.

Besarnya kapasitas daya modul fotovoltaik dihitung dengan Persamaan (3).

$$\text{Kapasitas Daya Modul PV} = \frac{W_T}{\text{Insolasi Matahari}} \times \text{faktor penyesuaian} \quad (3)$$

Keterangan :

WT = Total energi dari sistem yang disyaratkan (Wh)

c. Kapasitas Baterai

Untuk mendapatkan besarnya kapasitas baterai yang dibutuhkan oleh sistem, maka satuan energi Watt-hours (Wh) terlebih dahulu dikonversikan menjadi satuan Ampere-hours (Ah) sesuai dengan satuan kapasitas baterai. Perhitungan konversi tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$\text{Ah} = \frac{W_T}{V_S} \quad (4)$$

Keterangan :

Ah = kapasitas penyimpanan (Ah)

WT = beban maksimum (W)

VS = tegangan kerja sistem (V)

Hari otonomi yang ditentukan dalam perancangan ini adalah 1 hari, sehingga baterai hanya akan menyimpan energi dan menyalurkan energi tersebut pada hari itu juga. Nilai dari *Deep of Discharge (DOD)* pada baterai adalah 80 % (Liem dkk, 2008). Besarnya kapasitas baterai yang dibutuhkan oleh sistem dapat dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$C_B = \frac{\text{Ah} \times d}{\text{DOD}} \quad (5)$$

Keterangan :

CB = kapasitas baterai yang dibutuhkan sistem (Ah)

Ah = kapasitas baterai (Ah)

D = harga otonomi (hari)

DOD = *Deep of Discharge* atau kapasitas aki yang terpakai (%)

d. Ukuran BCR

Kapasitas maksimal arus yang akan mengalir melalui *Battery Charge Regulator (BCR)* dapat ditentukan dengan mengetahui besarnya beban maksimum yang akan disuplai. Kapasitas arus maksimum BCR dapat dihitung dengan Persamaan (6).

$$I_m = \frac{P_m}{V_S} \quad (6)$$

Keterangan :

Im = kapasitas arus maksimum BCR (A)

Pm = beban maksimum (W)

VS = tegangan kerja sistem (V)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kebutuhan Energi Listrik Sistem Pemompaan

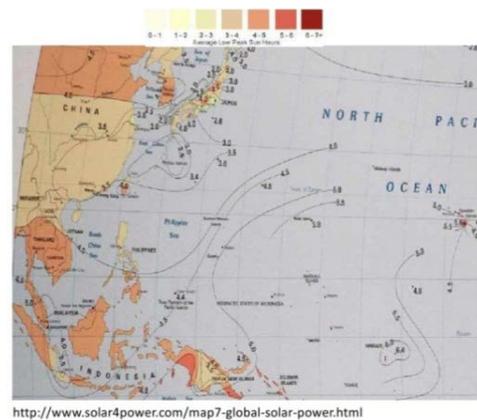
Sistem pemompaan yang telah dibangun memiliki waktu operasi setiap jam. Tabel 1 menunjukkan konsumsi listrik harian masing-masing komponen sistem pemompaan. Setiap satu jam, pompa dan solenoid 1 akan bekerja selama 15 menit, solenoid 2 bekereja selama 10 menit, dan panel kontrol bekerja selama 20 menit. Total kebutuhan energi listrik per hari dari keseluruhan komponen adalah 2030 Wh.

Tabel 1. Kebutuhan Energi Komponen Sistem Pemompaan.

No	Nama Peralatan	Kebutuhan Daya (watt)	Durasi Tiap Jam (menit)	Kebutuhan Energi per hari (Wh)
1	Pompa	300	15	1800
2	Solenoid Valve 1	15	15	90
3	Solenoid Valve 2	15	10	60
4	Panel Kontrol	10	20	80
Jumlah Watt		340		
Jumlah Kebutuhan Energi Per Hari				2030

4.2. Kebutuhan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Gambar 9 memperlihatkan peta durasi penyinaran optimum per hari di wilayah Indonesia. Dari peta tersebut terlihat bahwa rata-rata durasi penyinaran optimum untuk wilayah Indonesia adalah 4 – 5 jam.



Gambar 9. Peta Total Penyinaran Optimum Per Hari Di Indonesia

Durasi penyinaran matahari yang ditetapkan pada penelitian ini adalah yang paling minimum yakni 4 jam agar menjamin sistem dapat diterapkan di seluruh wilayah Indonesia. Dengan faktor penyesuaian sebesar 1,1 (satu koma satu), total kebutuhan energi sebesar 2.030 Wh, dan insolasi matahari 4 jam maka dengan menggunakan Persamaan 3 didapatkan kebutuhan fotovoltaik sebesar 558 Wp dengan pembulatan ke atas, agar panel surya menjadi genap seperti sistem PLTS pada umumnya maka didapatkan nilai **600 Wp**.

Tegangan kerja yang digunakan untuk menentukan kebutuhan kapasitas penyimpanan (Ah) pada sistem ini adalah tegangan baterai pada umumnya yakni 12 V. Dengan kebutuhan daya sebesar 2.030 Wh maka dengan menggunakan Persamaan 4, kebutuhan kapasitas penyimpanan adalah 170 Ah. Dengan menggunakan Persamaan 5, berdasarkan asumsi hari otonomi adalah 1 (satu) hari dan menggunakan baterai Deep Cycle dengan DOD 80% diperoleh kapasitas baterai yang akan digunakan adalah Sebesar **213 Ah**.

Ukuran arus BCR tergantung dari tegangan kerja dan daya maksimal sistem. Umumnya tegangan kerja sebuah sistem PLTS adalah 12 V, 24 V, dan 48 V. Dengan daya maksimal fotovoltaik sebesar 3000 Wp maka dengan menggunakan Persamaan 7, ukuran arus dapat dihitung secara berturut-turut sebesar 250 A (12 V), 125 A (24 V), 62,5 A (48 V). BCR yang digunakan tidak serta merta harus berkapasitas sama dengan kebutuhan arus tersebut. Kebutuhan arus tersebut dapat dibagi dengan beberapa BCR dengan kapasitas arus di bawahnya.

4.3. Rekomendasi Desain PLTS

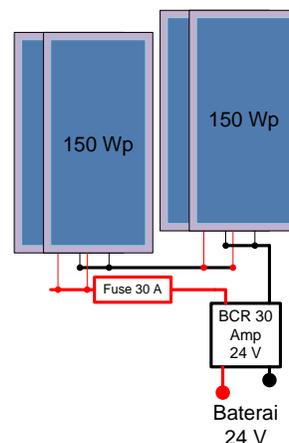
Modul fotovoltaik dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, yakni dimensi dan berat modul. Referensi dimensi dan berat modul diambil dari sebuah produsen fotovoltaik yakni GREENTEK INDIA PVT. LTD. Berdasarkan pengalaman penulis dan berdasarkan perhitungan teknis, modul fotovoltaik yang dipilih adalah modul dengan daya **150 Wp**. Hal teknis yang dipertimbangkan adalah jumlah modul yang lebih sedikit dan luas lahan bangunan yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran modul di bawahnya sehingga konstruksi instalasi dan pemasangan pengkabelan lebih mudah. Jumlah modul 150 Wp untuk mendapatkan daya sebesar 600 Wp adalah **4 modul** dengan total luas 3,9 m² sedangkan untuk ukuran-ukuran di bawahnya yaitu 100 Wp dan 50 Wp adalah secara berturut-

turut sebanyak 6 modul dengan total luas 4,2 m² dan 12 modul dengan total luas 6 m². Tabel 2 berikut ini menunjukkan perbandingan dimensi dan berat untuk modul fotovoltaik dengan ukuran 150 Wp, 100 Wp, dan 50 Wp.

Tabel 2: Perbandingan Dimensi dan Berat Modul Surya (Greentek 2007)

Ukuran Daya (Wp)	Dimensi (Panjang x Lebar)	Berat (kg)
150	1475 mm x 655 mm	12
100	1055 mm x 655 mm	7.4
50	775 mm X 655 mm	6.5

Gambar 10 merupakan desain elektrikal modul fotovoltaik daya 600 Wp dengan tegangan kerja 24 V. Konfigurasi pemasangan modul yang dipakai adalah kombinasi antara seri dan paralel yang terdiri dari 2 buah fotovoltaik yang dipasang paralel, selanjutnya pasangan tersebut dipasang seri dengan 2 buah fotovoltaik yang juga telah dipasang paralel sehingga menghasilkan tegangan 24 volt dengan arus sebesar 25 A. Kemudian energi yang dihasilkan disalurkan menggunakan BCR berukuran 30 A yang selanjutnya rangkaian tersebut dipasang ke baterai dengan tegangan kerja 24 V. Pemilihan BCR 30 A adalah dikarenakan ketersediaan produk BCR yang banyak dijumpai di pasaran di Indonesia adalah berukuran 5 – 30 A. Untuk BCR dengan ukuran 50 A ke atas biasanya digunakan untuk PLTS yang lebih besar dan memiliki fitur-fitur I-O kontrol jaringan ethernet dalam pengoperasiannya. Produk BCR umumnya dapat bekerja secara otomatis pada tegangan 12 V dan 24 V. Produk BCR tipe PWM umumnya berukuran 10 A, 15 A, 20 A, 30 A, 35 A, 40 A, dan 60 A (Steca, 2016)(Schneider, 2015).

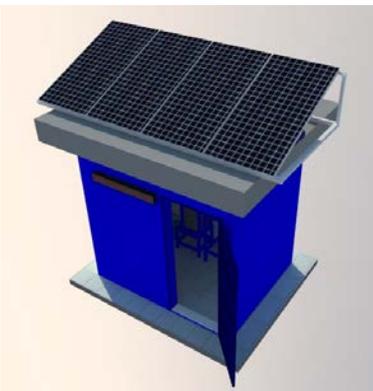


Gambar 10. Rancangan Diagram Skematik Panel Surya Kapasitas 600 Wp.



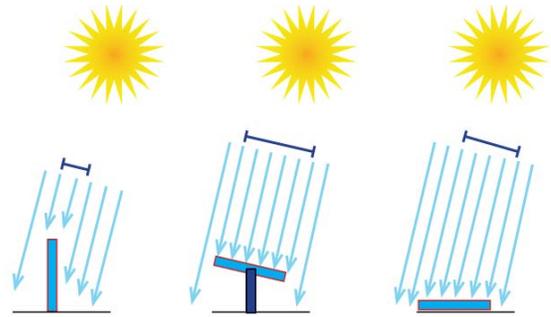
a) b)
Gambar 11. Produk BCR, a) BCR 30 A Untuk Sistem Pembangkit Rumahan, b) BCR 60 A Untuk Sistem PLTS Besar

Untuk menghemat luas lahan yang dibutuhkan keseluruhan unit, modul fotovoltaik harus dipasang di atas/atap bangunan pelindung sistem Online Monitoring Kualitas Air. Untuk konstruksi kerangka modul dapat menyesuaikan dengan kondisi bangunan. Gambar 12 merupakan contoh desain konstruksi modul fotovoltaik dengan jumlah 4 modul.



Gambar 12. Alternatif Desain Konstruksi Modul Fotovoltaik

Yang perlu diperhatikan dalam konstruksi modul fotovoltaik ini adalah sudut kemiringan. Daya optimal akan diperoleh saat sinar matahari datang dari arah yang tegak lurus dengan modul fotovoltaik sehingga luas yang tersinari dalam kondisi optimal. Gambar 13 menunjukkan beberapa kejadian pengaruh kemiringan terhadap luasan sinar matahari yang ditangkap oleh modul fotovoltaik. Untuk konstruksi modul fotovoltaik yang dilengkapi dengan solar tracker, hal tersebut tidak terlalu masalah karena modul akan selalu diarahkan ke matahari namun untuk konstruksi modul yang fix kemiringan harus diatur sesuai dengan posisi geografis lokasi. Untuk menentukan sudut kemiringan paling optimal bisa dilakukan melalui kalkulator berbasis web yaitu: www.foreshillweather.com/PHP/Conversion/SunCalc2.php.



Gambar 13. Pengaruh Kemiringan Terhadap Luasan Sinar yang Diterima (Foresthill, 2017)

Baterai yang digunakan adalah baterai *Deep Cycle*. Pemilihan kapasitas penyimpanan baterai (Ah) dipilih berdasarkan pertimbangan berat dan dimensi. Referensi dimensi dan berat baterai diperoleh dari produsen baterai UPLUS ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD. Berdasarkan pengalaman penulis, ukuran yang dipilih adalah **100 Ah 12 V** dengan berat 30,4 kg dan dimensi 33 cm x 17,3 cm x 17,3 cm. Berat tersebut dianggap ideal karena relatif mudah diangkat dan dipindahkan menggunakan tangan kosong. Dengan kebutuhan sebesar 213 Ah maka baterai 100 Ah diperlukan berjumlah **4 buah**. Jumlah baterai untuk sistem harus genap karena pada sistem ini akan dibuat tegangan kerja sebesar 24 V sehingga terdapat rangkaian seri dan paralel.

Ukuran daya inverter disesuaikan dengan kebutuhan daya keseluruhan unit. Untuk beban resistif seperti lampu, pemanas air, dan peralatan elektronik yang tidak menggunakan trafo, tidak memerlukan spesifikasi khusus yang perlu diperhatikan adalah kemampuan daya inverternya saja. Untuk beban reaktif seperti motor listrik, inverter yang digunakan harus memiliki output pure sine wave atau gelombang sinus murni agar daya dapat tersalur secara optimal dari inverter ke motor. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah ukuran daya inverter harus lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan daya. Hal tersebut dikarenakan beban reaktif seperti motor memiliki daya awal yang hampir 3 kali daya nominal dan memiliki faktor daya yang semakin menurun sehingga semakin bertambah hari pemakaian, nominal daya motor semakin naik. Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut dan mengantisipasi faktor lain seperti penambahan peralatan maka disarankan inverter yang digunakan memiliki ukuran daya 2 hingga 3 kali dari kebutuhan. Kebutuhan daya pada sistem pemompaan sampel ini adalah sebesar **340 watt** sehingga ukuran inverter yang disarankan adalah **1500 watt**.

Gambar 14 pada lampiran menunjukkan skema rangkaian sistem kelistrikan sistem PLTS secara keseluruhan yang mencakup seluruh komponen utama.

Tabel 3 berikut ini adalah rangkuman kebutuhan komponen utama pembangkit tenaga surya untuk sistem pemompaan air sampel untuk sistem online monitoring.

Tabel 3: Kebutuhan Komponen PLTS

No.	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Modul Fotovoltaik	150 Wp	4
2	Battery	100 Ah 12 V	4
3	BCR	30 A 24 V	1
4	Inverter (<i>pure sine wave</i>)	1500 W	1

V. KESIMPULAN

Pada perancangan ini telah dihasilkan rancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat menyuplai kebutuhan listrik sistem pemompaan air sampel untuk sistem online monitoring kualitas air selama 24 jam. Dengan kebutuhan energi sebesar 2030 Wh, kebutuhan modul fotovoltaik yang dibutuhkan adalah sebanyak 4 buah dengan kapasitas masing-masing sebesar 150 Wp. Kebutuhan BCR untuk menyalurkan ke 4 modul fotovoltaik tersebut adalah sebanyak 1 buah dengan kapasitas 30 A. Konstruksi modul fotovoltaik pada perancangan ini direkomendasikan dipasang di atas bangunan pelindung. Baterai yang dibutuhkan dalam sistem ini sebanyak 4 buah dengan kapasitas masing-masing sebesar 100 Ah (12 V). Inverter yang diperlukan untuk menyuplai beban induktif 340 watt adalah sebesar 1500 watt dengan output gelombang sinus murni.

DAFTAR PUSTAKA

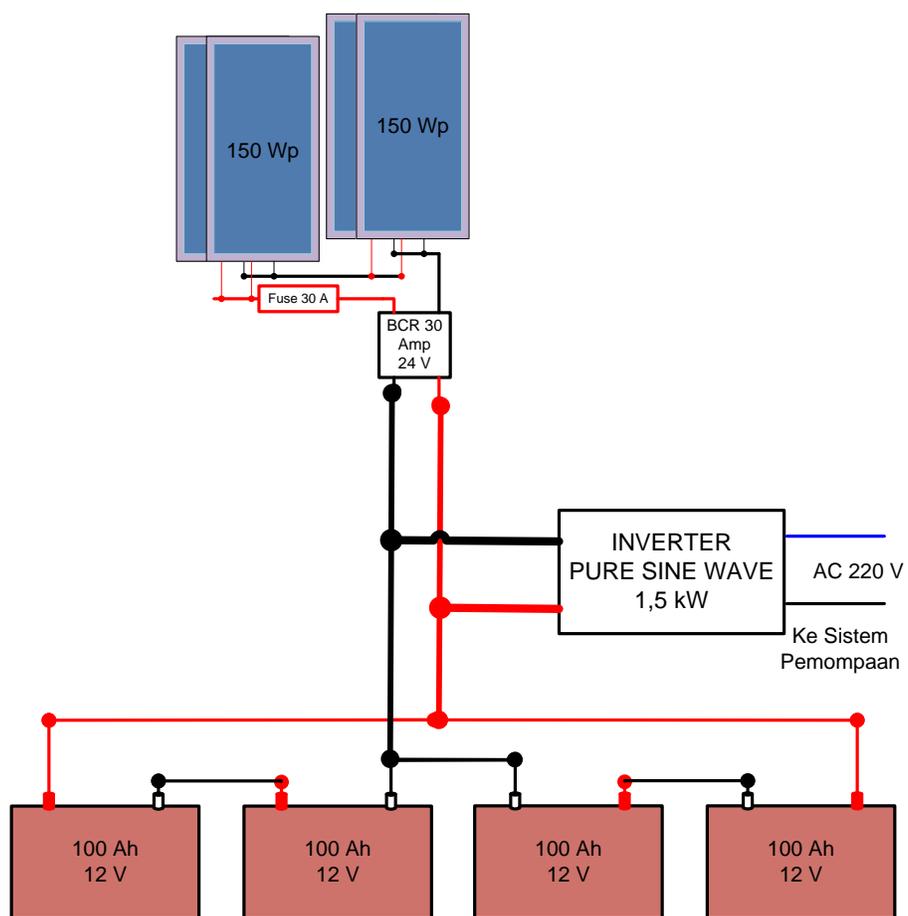
- S. Galih dan Heru D. W.. 2016. Perancangan Dan Penerapan Sistem Pemompaan Air Sampel Untuk Sistem Online Monitoring Kualitas Air Sungai. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT. JAI Vol. 9 No. 1, 2016
- S. Galih dan Heru D. W.. 2015. Instalasi Sistem Pemantauan Kualitas Air Online Berbasis GSM di Sungai Ciliwung Segmen Istiqlal. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT. JAI Vol. 8 No. 1, 2015
- B. Bayu dan Heru D. W.. 2010 Petunjuk Operasional Sistem Onlimo Sungai Kapuas, Pusat Teknonologi Lingkungan – BPPT
- W.,Heru Dwi dan Bayu Budiman. 2006. Sistem

Manajemen Komunikasi Data Jarak Jauh Berbasis Teknologi SMS dan Radio Telemetri Untuk Pemantauan Kualtias Air, Jurnal Teknologi Lingkungan Vol 7 No. 2 Mei 2006

- Rahardjo I., Fitriana I.. 2005. Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia. Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Pembangkit Energi Terbarukan. Publikasi Ilmiah ISBN 979-95999-5-4.
- Kolhe Mohanlal, Kolhe Sunita, Joshi J. C.. 2002. Economic Viability of Stand-Alone Solar Photovoltaic System in Comparison With Diesel-Powered System for India. Maulana Azad College of Technology. Energy Economic 24 (2002) 155-165
- SELF. 2008. A Cost and Reliability Comparison Between Solar And Diesel Powered Pumps. Solar Electric Light Fund. self.org
- Ahmad Talal, Shankar Kalyanaraman, Fareeha Amjad, Lakshmi Subramanian. 2015. Solar vs Diesel: Where to draw the line for cell towers?. Center for Technology and Economic Development. New York University. ACM 978-1-4503-3163-0/15/05
- SuryaTek. Listrik Tenaga Surya (PV System) VS Gensets Diesel di daerah terpencil. Brosur Produk. PT. Suryatek Mulia Abadi.
- PPPPTK. 2008. Pengenalan Teknologi Tenaga Surya. Modul Pelatihan. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan dan Tenaga Kerja Kependidikan (PPPPTK) Bandung. ET-PLTS S-01-03
- R. Faisal A., Hawibowo S., Sunarno. 2013. Perancangan Sistem Otomasi Pengisian Baterai Dengan Energi Hybrid Tenaga Surya Sebagai Penyedia Daya Cadangan pada Peralatan Vital di Puskesmas Patuk 1 Gunungkidul. Jurusan Teknik Fisika UGM.
- P. Irawan Eko. 2011. Teknik Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Modul Pelatihan. Pusat Studi Energi UGM.
- Liem Ek Bien, Ishak Kasim, Wahyu Wibowo, Perancangan Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan. Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, ISSN 1412-0372 Nomor 1 Volume 8 Halaman 37-56, Agustus 2008.

- K. Azhar. 2016. Materi Sesi Info Listrik Tenaga Surya. Modul Seminar. Politeknik Negeri Malang.
- Seai. 2009. Best Practice Guide Photovoltaics (PV). Sustainable Energy Authority of Ireland. DTI/Pub URN 06/1972
- Energy Market Authority. 2010. Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems. Energy Market Authority Singapore. ISBN: 978-981-08-4462-2.
- Alasdair Miller & Ben Lumby. 2012. Utility Scale Solar Power Plants – A Guide for Developers and Investors. Sgurr Energy Limited. International Finance Corporation
- GREENTEK. 2017. Solar Modules Technical Specifications of Solar PV Modules. Dokumen Teknis. Greentek India Pvt. Ltd. <http://greentekindia.co.in/SolarModules.aspx>
- Uplus New Technology Battery. 2015. Uplus, UPS Battery, US Series, UCP Series. Dokumen Teknis. Uplus New Technology Battery. UB-VA-UPS-2015-09
- Schneider Electric. 2015. C Series PWM Charge Controller. Dokumen Teknis. www.solar.schneider-electric.com. DS20150606
- Steca. 2016. Steca Solarix PRS, Solar Charger Controllers. Dokumen Teknis. www.steca.com/Steca-Solarix-PRS-en. V. 2016-12-15 20:29
- Foresthill Weather. 2017. PV Array Tilt Angle Calculator. Aplikasi Web. www.foresthillweather.com/PHP/Conversion/SunCalc2.php. Diakses Pada: 14 Februari 2017

LAMPIRAN



Gambar 14: Skema Kelistrikan Sistem PLTS