

OPTIMALISASI HIBRID PLTS – PLN PADA WAKTU BEBAN PUNCAK

Bakhtiar¹⁾, Tadjuddin²⁾

^{1,2)}Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

The peak load is due to the electric power consumption in Indonesia in general is the dominance of household customers, who at the same time use electricity for lighting, watching TV, the use of air conditioning, cooking and other activities. From the daily load curve of PT. PLN shows a large trend of difference between the lowest load and the peak phase, meaning that at certain hours or outside the peak load time the plant is not operating and when peak load is operated. Therefore, investment cost is needed for the provision of power plant only to serve the peak load. To minimize the use of electrical energy generated by PT. PLN at peak load time is needed replacement energy source, and in this research is designed and implemented solar cell utilization to change source PT. PLN at peak load time for power installed 900 VA. This research is a research development that has been done the previous year, that is the development of transfer control from PLN to PLTS at 17.00 and transfer from PLTS to PLN at 22.00 hours. The part that developed in this research is the source of supply for control using 2 source that is from PLN and PLTS, so that manual and automatic control is not disturbed if one source off or disturb system. In addition to the development of controls also developed capacity PLTS system to be optimized its use at peak load time. By that it is necessary to use electrical energy at peak load time, the measurement results for a week obtained 2800 Wh which is the highest usage and this becomes the basis for designing the PLTS to be used. The installed panel capacity can supply loads at peak load times of 50.82% and the capacity of the electric storage battery can supply the load at the peak load time of 82.30%.

Keywords : *PLTS, Peak Load, Power, Voltage*

1. PENDAHULUAN

Investasi di bidang energi terbarukan yang rendah juga dapat mempengaruhi keberlanjutan pasokan energi nasional. Beberapa hambatan yang menyebabkan rendahnya investasi di bidang energi terbarukan antara lain biaya investasi awal yang sangat tinggi sehingga mengakibatkan harga energi terbarukan tinggi dan tidak kompetitif, minat swasta di bidang energi terbarukan yang masih rendah dan kemampuan teknologi industri dalam negeri yang masih rendah. Energi yang berasal dari radiasi matahari merupakan potensi energi terbesar dan terjamin keberadaannya di muka bumi. Berbeda dengan sumber energi lainnya, energi matahari bisa dijumpai di seluruh permukaan bumi. Pemanfaatan radiasi matahari sama sekali tidak menimbulkan polusi ke atmosfer. Perlu diketahui bahwa berbagai sumber energi seperti tenaga angin, bio-fuel, tenaga air, dsb, sesungguhnya juga berasal dari energi matahari. Pemanfaatan radiasi matahari umumnya terbagi dalam dua jenis, yakni termal dan photovoltaic. Pada sistem termal, radiasi matahari digunakan untuk memanaskan fluida atau zat tertentu yang selanjutnya fluida atau zat tersebut dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik, sedangkan pada sistem photovoltaic, radiasi matahari yang mengenai permukaan semikonduktor akan menyebabkan loncatan elektron yang selanjutnya menimbulkan arus listrik. Karena tidak memerlukan instalasi yang rumit, sistem photovoltaic lebih banyak digunakan.

Modul Solar Cell adalah peralatan elektronik yang berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Dari modul tersebut energi listrik yang berupa arus 12VDC bisa langsung digunakan atau lebih baiknya digunakan sistem penyimpanan dengan baterai sehingga diwaktu malam bisa digunakan. Modul solar cell terdiri dari 2 type yaitu, type monocrystal dan type polycrystal serta memiliki kapasitas Watt Peak (WP) yang bermacam-macam. Penerapan teknologi Photovoltaic Grid-Connected menghasilkan desain sistem grid connected, pengadaan unit inverter/charger dan baterai dan desain konstruksi rumah siap untuk pemasangan photovoltaic grid-connected dengan PLN (Prastawa, 2006).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi pasal 20 ayat 2 dijelaskan bahwa penyediaan energi oleh pemerintah dan/atau pemerintah daerah diutamakan di daerah yang belum berkembang, daerah terpencil, dan daerah perdesaan dengan menggunakan sumber energi setempat, khususnya sumber energi terbarukan. Pasal 30 ayat 1 dijelaskan pendanaan kegiatan penelitian dan pengembangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 29 difasilitasi oleh pemerintah dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya. Ayat 2 dijelaskan bahwa pendanaan kegiatan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi energi, sebagaimana dimaksud pada ayat 1 antara lain bersumber dari

¹ Korespondensi penulis: Bakhtiar, Telp 089669835835, bakhtiar_poltekup@yahoo.com

Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara, Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah, dan dana dari swasta (UU RI No.30 Tahun 2007).

Sistem *hybrid* PLTS dengan listrik PLN (*grid connected*) atau sumber pembangkit listrik yang lain dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu tanpa baterai dan yang menggunakan baterai. Sistem hibrid PLTS dengan listrik PLN dapat diterapkan pada rumah diperkotaan, serta menganalisis faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik yang dihasilkan sel surya berkaitan dengan waktu kerja sistem PLTS. PLTS akan memasok energi listrik sekitar 30% dari beban keseluruhan peralatan listrik rumah tangga, sedangkan 70% listrik sisanya dari PLN (Liem dkk., 2008). Rancangan dan penerapan pemanfaatan teknologi solar cell telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (penelitian Hibah Bersaing tahun 2013) dan menghasilkan rancangan kapasitas solar cell, controller, baterai dan beban penerangan yang sudah dimanfaatkan di daerah Tikka Kecamatan Lalabata Kabupaten Soppeng untuk 37 KK. Daya terpasang PLTS terpusat sesuai hasil rancangan adalah 56.4 KW, dengan menggunakan panel solar cell 12 V / 100 Wp yang disusun seri 4 buah kemudian paralel sebanyak 141 set. Untuk penyimpanan energi listrik yang dihasilkan pada siang hari diperlukan baterai 12 V / 100 Ah sebanyak 144 buah, yang disusun seri 4 buah kemudian diparalelkan sebanyak 36 set. Inverter diperlukan untuk merubah sumber DC menjadi AC adalah 48 V DC / 220 V AC dengan daya 4 KW (Bakhtiar, 2013).

PT PLN kembali melakukan pemadaman bergilir, akibat kekurangan stok daya listrik yang tersedia. Khusus di Kota Makassar saja, pemadaman bergilir sudah mulai sejak dua hari lalu. “Dengan berkurangnya pasokan listrik dari PLTA Bakar Unit satu, maka pemadaman bergilir tidak bisa kami hindari untuk pelanggan umum dan rumah tangga,” kata Ahmad Ridwan Humas PLN Sulselrabar. Sebagaimana dikutip dari *Rakyat Sulsel*, pihak PLN sebenarnya sudah melakukan pemadaman sebelumnya sebesar 20 MW setiap malam. Hanya saja pemadaman tersebut tidak dirasakan pelanggan umum, melainkan pelanggan perusahaan (industri) besar yang memiliki cadangan listrik dari genset. Defisit daya tersebut, PLN mengupayakan beberapa hal, antara lain meminta perusahaan skala besar seperti industri, hotel dan mal, mengoperasikan mesin genset pada waktu beban puncak. Selain itu, PLN juga mengimbau seluruh pelanggan agar terus menerapkan perilaku hemat listrik dengan mematikan minimal dua titik lampu yang berdaya 50 MW. “Dengan asumsi pelanggan 1,5 juta sambungan, listrik yang bisa dihemat bisa mencapai 75 MW, terutama pada saat beban puncak pada pukul 17.00 Wita hingga 22.00 Wita malam,” ungkapnya (Bugis Pos, 26 Januari 2013).

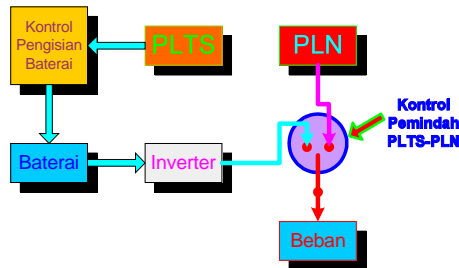
Keterbatasan kemampuan pembangkitan tenaga listrik PT. PLN yang melayani beban di Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat dan Sulawesi Tenggara menyebabkan sering terjadi pemadaman bergilir utamanya pada saat beban puncak sekitar jam 17.00 sampai 22.00. Untuk meminimalisir pemakaian energi listrik yang dihasilkan oleh PT PLN pada saat beban puncak diperlukan sumber energi listrik pengganti. Pada penelitian ini didesain dan diimplementasikan pemanfaatan solar cell untuk mengganti sumber PT PLN pada saat terjadi beban puncak untuk daya terpasang 900 VA. Langkah awal dilakukan pengukuran pemakaian energi listrik pada saat beban puncak yakni jam 17.00 sampai jam 22.00, diperoleh hasil energi listrik yang terbesar adalah 2200 Wh. Berdasarkan pemakaian energi listrik tersebut maka diperlukan panel solar cell 12 V, 100 Wp sebanyak 14 buah, baterai penyimpanan energi listrik 12 V, 100 Ah sebanyak 8 buah, pengontrolan pengisian baterai 24 V, 30 A dan inverter 24 V/ 220 V, 1000 W (Bakhtiar, 2015).

2. METODE PENELITIAN

Makin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil, khususnya minyak bumi, yang sampai saat ini masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, menyebabkan kita harus berpikir untuk mencari alternatif penyediaan energi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dikembangkan berbagai energi alternatif, di antaranya energi terbarukan. Potensi *energi terbarukan*, seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin dan energi samudera, sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi *energi terbarukan* di Indonesia sangatlah besar.

Perancangan Optimalisasi hibrid PLTS dan PLN pada Waktu Beban Puncak dilakukan di Lab / Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, untuk implementasi dan pengukuran dilakukan di rumah Ketua Peneliti sebagai pelanggan PT. PLN Sulselrabar dengan daya terpasang 900 VA. Langkah awal penelitian ini adalah pengukuran daya terpakai pada saat Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu jam 17.00 - 22.00 Wita. Pengukuran dilakukan setiap hari selama 1 minggu yang sudah bisa mewakili karakteristik beban baik hari kerja maupun hari libur, rentang waktu pengukuran 1 jam dengan mencatat penunjukkan kWh meter. Hasil pengukuran ini menunjukkan rata-rata energi listrik terpakai setiap saat yang dijadikan

acuan dalam menentukan kapasitas terpasang PLTS yang akan di desain. Kurva beban harian, khususnya WBP dapat digambarkan dari data pengukuran untuk membuat perencanaan penggunaan energi listrik selama WBP. Dari kurva beban harian pada saat WBP dapat diketahui penggunaan energi listrik. Selanjutnya adalah mendesain dan menentukan kapasitas terpasang panel solar cell beserta kontrol pengisian baterai sekaligus menentukan kapasitas baterai yang bisa digunakan menyimpan energi listrik pada siang hari dan digunakan untuk menyuplai beban pada saat beban puncak. Karena beban listrik yang ada di rumah adalah beban AC maka diperlukan inverter yang bisa merubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC. Terakhir adalah desain alat kontrol pemindah dari PLN ke PLTS pada saat WBP atau dari PLTS ke PLN pada saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP).



Gambar 1. Diagram hibrid PLN-PLTS

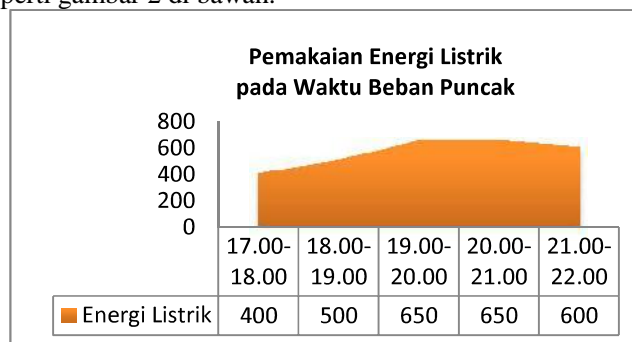
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan pemakaian energi listrik, dilakukan pencatatan di KWh meter selama seminggu dengan selang waktu 1 jam. Pengukuran ini menunjukkan pemakaian energi listrik baik pada saat Waktu Beban Puncak (WBP) maupun diluar WBP PT. PLN. Hasil pengukuran pemakaian energi listrik pada waktu bebn puncak diperlihatkan pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Pemakaian Energi Listrik Waktu Beban Puncak (WBP)

Jam	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
	3-7-2017	4-7-2017	5-7-2017	6-7-2017	7-7-2017	8-7-2017	9-7-2017
17.00-18.00	450	400	350	300	350	350	400
18.00-19.00	450	400	450	500	400	450	500
19.00-20.00	450	450	500	550	500	600	650
20.00-21.00	550	450	450	600	600	650	650
21.00-22.00	450	450	400	550	500	600	600
Total Wh	2350	2150	2150	2500	2350	2650	2800

Untuk memperjelas pemakaian energi listrik waktu beban puncak dibuatkan grafik yang menunjukkan total pemakaian energi listrik seperti gambar 2 di bawah.



Gambar 2 Kurva Pemakaian Energi Listrik pada Waktu Beban Puncak

Kapasitas terpasang PLTS untuk menggantikan sumber PLN pada waktu beban puncak adalah menggunakan panel solar cell 400 Wp merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yaitu 200 Wp, begitu juga baterai penyimpanan energi listrik yang sebelumnya 200 Ah dikembangkan menjadi 400 Ah dan inverter pure sine wave 2000 W.

Kapasitas Daya Terpasang Inverter

Inverter digunakan untuk mengubah tegangan input DC yang bersumber dari baterai menjadi tegangan AC. Pada prinsipnya, PLTS menghasilkan sumber DC, bila yang dibutuhkan sumber AC, maka dapat dipenuhi dengan memasang suatu alat pengubah, peralatan elektronik yang disebut "Inverter". Dalam

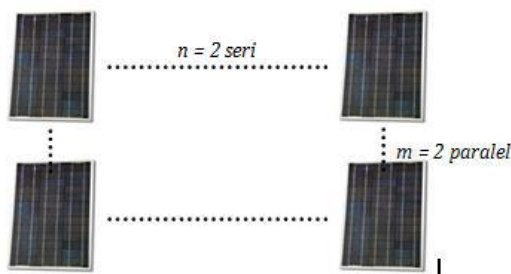
pemilihan suatu inverter, harus diketahui seberapa daya AC yang pada sisi pelanggan, peralatan yang akan digunakan, sistem PLTS yang akan dipasang. Spesifikasi inverter harus sesuai dengan besarnya beban dan besarnya tegangan pada sisi pelanggan. Akibatnya, pemilihan inverter dengan mempertimbangkan beban seperti pompa air, mesin cuci, kulkas, AC yang memerlukan sumber listrik dengan bentuk gelombang sinus, sistem PLTS yang terpasang serta pengembangan beban pelanggan. Selain itu perlu mempertimbangkan ketersediaan produk inverter yang di jual, tegangan baterai dan kontroller yang akan digunakan. Olehnya itu dalam penelitian ini digunakan inverter dengan daya 2000 W tegangan 24 V dengan bentuk gelombang sinus efisiensi 60 %.



Gambar 3 Inverter Daya Terpasang 2000 W

Kapasitas Daya Panel Solar Cell

Kapasitas daya panel solar cell yang terpasang sampai saat ini adalah 400 Wp yang terdiri dari 4 buah panel solar cell daya 100 Wp. Tegangan setiap panel adalah 12 V sehingga harus disusun seri 2 buah untuk menyesuaikan tegangan inverter 24 V / 220 V. Jam matahari ekivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta insolasi matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex (*Solarex, 1996*). Berdasarkan peta insolasi matahari dunia, diperoleh ESH untuk wilayah Sulawesi = 4,5. Susunan panel solar cell diperlihatkan Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Susunan Panel Solar Cell

Faktor penyesuaian pada kebanyakan instalasi PLTS adalah 1,1 (Mark Hankins, 1991 Small Solar Electric System for Africa page 68). Kapasitas daya modul surya yang dihasilkan adalah :

$$K \quad a \quad D \quad P \quad = \quad \frac{E_T}{I_t} \quad \frac{D}{M} \quad \frac{P}{n a} \quad x F \quad P_t \quad (1)$$

$$E_T = \frac{K}{F} \quad \frac{D}{P} \quad \frac{P}{n a} \quad x I_t \quad M \quad h a$$

$$E_T = \frac{400}{1,1} \quad x 4,5$$

$$E_T = 1636 \text{ Wh}$$

Dengan memperhitungkan rugi-rugi pada sistem sebesar 15 % karena keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru (Mark Hankins, 1991: 68), maka total energi sistem yang disyaratkan adalah sebesar:

$$E_T = E_A + r \quad s \quad (2)$$

$$1636 = E_A + (15 \% \times E_A)$$

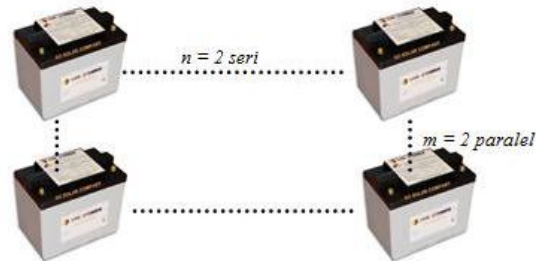
$$1636 = 115 \% \times E_A$$

$$E_A = 1423 \text{ Wh}$$

Energi beban waktu beban puncak yang dapat disuplai sistem PLTS dengan insolasi matahari 4.5 adalah sebesar 1423 Wh atau 50,82 % dari pemakaian energi listrik tertinggi waktu beban puncak seperti tabel 2 sebesar 2880 Wh, sehingga untuk bisa menyuplai beban pada waktu beban puncak diperlukan minimal 8 buah panel solar cell kapasitas 100 Wp.

Kapasitas Terpasang Baterai

Baterai adalah komponen sistem PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel solar cell pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari khusus untuk penelitian ini digunakan untuk menggantikan sumber PLN pada waktu beban puncak. Baterai yang digunakan pada sistem ini mengalami proses siklus mengisi (*charging*) dan mengosongkan (*discharging*). Dalam penelitian ini menggunakan baterai 12 V 100 AH sebanyak 4 buah, dipasang seri 2 buah kemudian diparalelkan 2 set.



Gambar 5 Susunan Baterai

Baterai (Aki) berperan sebagai penyimpan listrik DC yang dihasilkan oleh panel solar cell melalui BCR. Parameter yg terkait dengan penyimpanan listrik dalam baterai adalah tegangan (Voltage) dan Ampere Hour (AH) atau Ampere Jam. Satuan energi (dalam WH) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut:

$$A = \frac{E_T}{V_S} \quad (3)$$

$$E_T = A \times V_S$$

$$E_T = 400 \times 12$$

$$E_T = 4800 \text{ Wh}$$

Hari otonomi yang ditentukan adalah 1 hari, jadi baterai dapat menyimpan energi dan menyalurkannya selama 1 hari. Besarnya deep of discharge (DOD) pada baterai adalah 80% (Mark Hankins, 1991: 68), sehingga kapasitas energi baterai yang bisa digunakan untuk menyuplai beban adalah:

$$E_T = 4800 \times 0.8$$

$$E_T = 3840 \text{ Wh}$$

Dengan kapasitas baterai penyimpanan energi listrik sebesar 3840 Wh dapat menyuplai beban pada waktu beban puncak yaitu sebesar 2800 Wh pada sisi tegangan AC atau 4600 Wh dengan efisiensi inverter 60 % di sisi tegangan DC atau sekitar 82,3 % atau dengan kata lain masih diperlukan tambahan baterai penyimpanan sebanyak 2 buah dengan kapasitas 12 V, 100 Ah.

Kapasitas BCR

Battery Charge Regulator (BCR) mempunyai dua fungsi utama. Fungsi utama sebagai titik pusat sambungan ke beban, modul sel surya dan baterai. Fungsi yang kedua adalah sebagai pengatur sistem agar penggunaan listriknya aman dan efektif, sehingga semua komponen-komponen sistem aman dari bahaya perubahan level tegangan. Untuk menetapkan ukuran BCR dipakai istilah total Ampere (A) dan Voltage (V). Beban pada sistem PLTS mengambil energi dari BCR. Kapasitas arus yang mengalir pada BCR dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang dalam hal ini daya terpasang pada tempat penelitian yaitu 900 VA atau setara dengan 720 W dengan faktor daya 0,8. Pada sisi input inverter daya DC dihitung dengan memperhatikan efisiensi inverter yang digunakan. Efisiensi inverter yang terpasang adalah 60 % sehingga daya pada sisi DC adalah 1200 W, tegangan sistem adalah 24 volt maka kapasitas arus yang mengalir di BCR adalah:

$$I_m = \frac{P_m}{V_S} \quad (4)$$

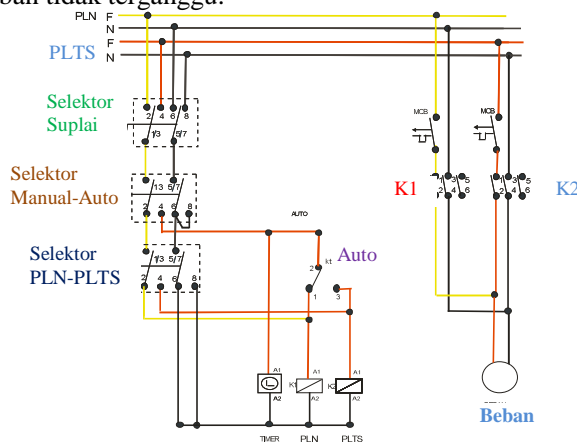
$$= \frac{1200}{24}$$

$$= 50 \text{ A}$$

Selain itu harus memperhitungkan suplai arus dari panel solar cell ke baterai. Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa panel solar cell yang terpasang adalah 4 buah dengan kapasitas daya 100 Wp kombinasi seri paralel. Spesifikasi panel menunjukkan arus hubung singkatnya adalah 6.08 A, sehingga kalau diparelelkan 2 buah panel maka arus hubung singkatnya menjadi 12.16 A. Dengan memperhatikan arus maksimum pada sisi beban sebesar 50 A dan arus maksimum dari panel solar cell sebesar 12.16 A maka kapasitas BCR yang digunakan adalah tegangan 24 V dan arus nominal 50 A.

Rangkaian Kontrol Perpindahan

Optimalisasi Hibrid PLTS-PLN pada bagian kontrolnya diperlukan untuk menjaga kontinuitas pelayanan baik pada kondisi normal maupun pada kondisi abnormal. Sumber suplai pada rangkaian kontrol adalah PLTS atau PLN melalui sakelar pilih. Jika sakelar pada posisi 1 maka sumbernya adalah PLTS dan jika sakelar pada posisi 2 maka sumbernya adalah PLN. Penggunaan dua sumber suplai dapat mengoptimalkan pengontrolan pada saat salah satu sumber bermasalah atau off. Sakelar kedua adalah pilihan kontrol manual dan otomatis. Jika sakelar pada posisi 1 maka sistem pengontrolannya adalah otomatis dan jika sakelar pada posisi 2 maka sistem pengontrolannya adalah manual. Pada posisi otomatis maka perpindahan sakelar untuk rangkaian daya atau yang menyuplai ke beban pada jam 17.00 dan jam 22.00. Pada jam 17.00 maka kontaktor 2 secara otomatis akan menyambungkan sumber PLTS ke beban sampai jam 22.00. Selanjutnya pada jam 22.00 maka kontaktor 1 akan menyambungkan sumber PLN ke beban sampai jam 17.00, hal ini berulang setiap hari dimana sumber PLTS akan digunakan untuk menyuplai beban pada waktu beban puncak. Jika kontrol pada posisi manual maka pilihan sumber ke beban bisa diatur sesuai kebutuhan misalnya sumber PLN off atau terjadi pemadaman di luar waktu beban puncak maka sumber PLTS bisa digunakan menyuplai beban, begitu pula sebaliknya jika terjadi masalah atau kerusakan pada sumber PLTS pada waktu beban puncak maka sumber PLN bisa digunakan untuk menyuplai beban, sehingga kontinuitas pelayanan ke beban tidak terganggu.



Gambar 6 Kontrol Perpindahan Sumber PLN ke PLTS dan PLTS ke PLN

KESIMPULAN

Pemakaian energi listrik untuk mendesain PLTS didasarkan pemakaian energi listrik pada waktu beban puncak jam 17.00 sampai jam 22.00 dan hasil pengukuran selama 1 minggu diperoleh pemakaian energi listrik terbesar adalah 2.800 Wh. Pengembangan kontrol yang dilakukan adalah menggunakan dua sumber suplai pada kontrolnya yaitu PLN dan PLTS, sehingga keandalan sistem menjadi lebih baik. Jika salah satu sumber bermasalah atau off maka ada sumber alternatif yang bisa digunakan untuk menyuplai pengontrolannya sehingga kontinuitas pelayanan ke beban tidak terganggu. Selain itu sistem kontrolnya dilengkapi dengan pengontrolan secara manual, supaya sumber PLTS bisa digunakan di luar waktu beban puncak jika terjadi pemadaman oleh jaringan PLN atau sebaliknya sumber PLN bisa digunakan menyuplai beban pada waktu beban puncak jika sumber PLTS mengalami gangguan. Kapasitas panel yang terpasang bisa menyuplai beban pada waktu beban puncak sebesar 50,82 % dan kapasitas baterai penyimpanan energi listrik dapat menyuplai beban pada waktu beban puncak sebesar 82,30 %.

DAFTAR PUSTAKA

Bakhtiar dkk. 2013. Rancang Bangun Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) untuk Masyarakat Pegunungan. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

----- . 2015. Rancang Bangun Pemanfaatan *Solar Cell* sebagai Sumber Energi Listrik pada Saat Beban Puncak PLN. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri III. Makassar: ATIM.

Chenni, R. et all. 2007. A Detailed Modeling Method for Photovoltaic Cells. *Journal of Energy*, Volume 32 (Issue 9): pp 1724-1730.

Liem Ek Bien, Ishak Kasim dan Wahyu Wibowo. 2008. Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan. *JETri*, Volume 8, (1) pp: 37-56.

Prastawa, Andhika. 2006. *Penerapan Teknologi Photovoltaic Grid-Connected*. Jakarta: BPPT.