

PENINGKATAN EFISIENSI PENGISIAN BATERAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Bakhtiar¹⁾, Tadjuddin¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The limited ability of electric power generation PT. PLN to serve loads in South Sulawesi, West Sulawesi and Southeast Sulawesi often results in rotating blackouts, especially at Peak Load Time (WBP) around 17:00 to 22:00. This peak load occurs because the use of electricity in Indonesia is generally dominated by household customers, who at the same time use electricity for lighting, watching TV, air conditioning, fans, cooking needs and other activities. To minimize the use of electrical energy produced by PT PLN. At the time of peak load, there was an appeal to make savings by using electrical equipment as needed, however the electricity consumption remained large in terms of daily load characteristics. Therefore, it requires the active participation of PT. PLN to find alternative alternative sources of electrical energy, and previous research has done a hybrid design of PLN and PLTS during Peak Load Time and has been implemented on consumers with 900 VA installed power and has been improved the transfer control system from PLN to PLTS or vice versa and the addition of power PLTS installed so that the operating time can be longer. The research conducted is an effort to improve the efficiency of battery charging with variations and then charging the battery using PWM and MPPT controller types.

Kata Kunci : Konfigurasi, BCR, Efisiensi, Pengisian, Baterai

1. PENDAHULUAN

Secara global menunjukkan bahwa kondisi energi mengalami krisis. Ketahanan energi secara global terancam oleh pemusatan penawaran energi di negara-negara penghasil minyak. Sementara itu, dengan berbagai ketidak konsistenan kebijakan energi menjadikan dunia usaha sulit untuk mengambil keputusan. Padahal, di sisi lain dengan tuntutan persaingan pasar bebas, keputusan harus lebih cepat diambil dalam kaitannya dengan peningkatan daya saing produk energi.

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil setidaknya memiliki tiga ancaman serius, yakni: menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru); kenaikan/ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan polusi gas rumah kaca (terutama CO₂) akibat pembakaran bahan bakar fosil. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk CO₂ terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi energi terbarukan yang ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai negara.

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.

Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, serta gelombang laut. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: Sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Pemerintah sebenarnya telah menyiapkan berbagai peraturan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (misalnya: Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) tahun 1980 dan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No 996.K/43/MPE/1999 tentang prioritas penggunaan bahan bakar terbarukan untuk produksi listrik yang hendak dibeli PLN). Namun sayang sekali, pada tataran implementasi

¹ Korespondensi penulis: Bakhtiar, HP 089669835835, bakhtiar.listrik@poliupg.ac.id

belum terlihat adanya usaha serius dan sistematis untuk menerapkan energi terbarukan guna substitusi bahan bakar fosil.

Dengan diterbitkannya Undang-Undang tentang Energi, dasar hukum pengembangan energi baru dan terbarukan menjadi lebih kuat karena secara khusus diamanatkan dalam Undang-Undang tersebut. Saat ini yang perlu mendapat perhatian adalah penelitian dan pengembangan energi baru dan terbarukan yang dapat menunjang pengembangan industri nasional yang mandiri serta dukungan pendanaan agar pengembangan energi alternatif dapat dipercepat.

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

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Namun pelaksanaan penyediaan energi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan.

Perusahaan Listrik Negara Cabang Manakarra, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat, terpaksa memberlakukan **pemadaman secara bergilir** selama dua jam **untuk mengurangi beban puncak** di wilayah itu. "Pemadaman bergilir dilakukan hingga batas waktu yang belum ditentukan. Ini kami lakukan karena terlalu banyak penggunaan energi listrik saat beban puncak terjadi," kata Kepala PLN Cabang Manakarra, Mamuju Alimuddin di Mamuju, Minggu. Menurutnya, pemadaman bergilir dilakukan pada beberapa titik untuk daerah perkotaan yakni pemadaman di wilayah Kelurahan Karema, Kelurahan Simkep dan beberapa wilayah lainnya. "Sudah beberapa hari terakhir ini kami lakukan pemadaman pada malam hari sehingga beberapa wilayah harus gelap gulita pada saat puncak penggunaan listrik yakni mulai pukul 20.00-22.00 Wita," katanya. **(ANTARA News, 23 Oktober 2011)**

Press release General Manager PT. PLN Wilayah Sulselrabar tanggal 16 Januari 2017 menyampaikan bahwa telah terjadi gangguan pada PLTU Bosowa Energy unit 1 dan 2 di Jeneponto pada hari Minggu 15 Januari 2017 pukul 22.11 WITA. Akibat gangguan tersebut, Senin 16 Januari 2017 sistem kelistrikan Sulbagsel mengalami defisit sehingga PLN akan melakukan pengaturan beban (pemadaman) sampai dengan PLTU Jeneponto unit 1 dan 2 beroperasi. Sehingga PLN menghimbau kepada pelanggan rumah tangga untuk menggunakan energi listrik dengan baik, mematikan lampu sebanyak 2 titik lampu masing-masing setara 50 Watt secara khusus pada **Waktu Beban Puncak (WBP) pukul 17.00 – 22.00 WITA**. Sehingga diperoleh penghematan kurang lebih 90 MW. **(Press Relase PT. PLN Wilayah Sulselrabar, 16 Januari 2017)**

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Namun pelaksanaan penyediaan energi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan.

Selain itu, 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 yang memiliki karakter; dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, khususnya minyak bumi; dapat menyediakan energi listrik dalam skala lokal regional; mampu memanfaatkan potensi sumber daya energi setempat, serta; cinta lingkungan, dalam artian proses produksi dan pembuangan hasil produksinya tidak merusak lingkungan hidup disekitarnya.

Hasil penelitian pemanfaatan energi terbarukan (energi matahari) untuk menyuplai beban pada Waktu Beban Puncak, bila diterapkan pada pelanggan PT. PLN Sulselrabar, bila ditinjau dari sisi PT. PLN maka perbedaan beban puncak dan beban terendah tidak lagi begitu besar sehingga tidak diperlukan pembangkit yang khusus menyuplai saat WBP yang biasanya menggunakan pembangkitan dengan bahan bakar minyak. Dari sisi pelanggan dengan menggunakan PLTS pada saat WBP maka ketergantungan dari PT. PLN yang biasa melakukan pemadaman bergilir sudah tidak terpengaruh lagi. Secara nasional bisa membantu pemerintah untuk memperkenalkan penggunaan energi terbarukan sehingga penggunaan bahan bakar fosil (minyak, gas, batubara dll) untuk pembangkitan tenaga listrik dapat diperkecil.

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)**

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, Ruslan, Tadjuddin 2016)**

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 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 %. **(Bakhtiar, Tadjuddin 2017)**

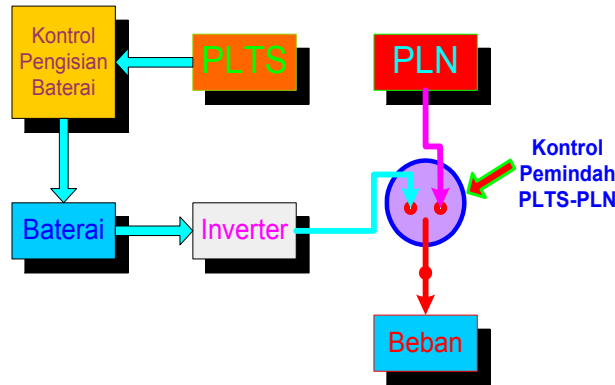
2. METODE PENELITIAN

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 yang memiliki karakter : dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, khususnya minyak bumi; dapat menyediakan energi listrik dalam skala lokal regional; mampu memanfaatkan potensi sumber daya energi setempat; cinta lingkungan, dalam artian proses produksi dan pembuangan hasil produksinya tidak merusak lingkungan hidup disekitarnya.

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, penelitian yang dilakukan saat ini adalah penerapan penggunaan energi terbarukan yaitu energi matahari untuk menghasilkan listrik yang dimanfaatkan untuk menggantikan sumber PLN pada saat terjadi beban puncak pada jaringan.

Prinsip kerja sistem secara keseluruhan yaitu PLTS pada siang hari akan menyimpan energi listrik ke baterai yang dikontrol supaya pada saat baterai sudah penuh maka rangkaian secara otomatis diputus supaya baterai tidak rusak. Untuk menyuplai beban AC diperlukan inverter yang merubah tegangan DC menjadi AC. Sumber PLN akan menyuplai beban pada saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) yaitu jam 22.00-17.00

WITA, sedangkan sumber PLTS didesain untuk menyuplai beban Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu jam 17.00-22.00. Perpindahan dari PLN ke PLTS ataupun sebaliknya dikontrol secara otomatis seperti di perlihatkan gambar 1 di bawah.



Gambar 1 Diagram Hibrid PLN-PLTS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

BCR adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya. Kelebihan tegangan pengisian akan mengurangi umur baterai.

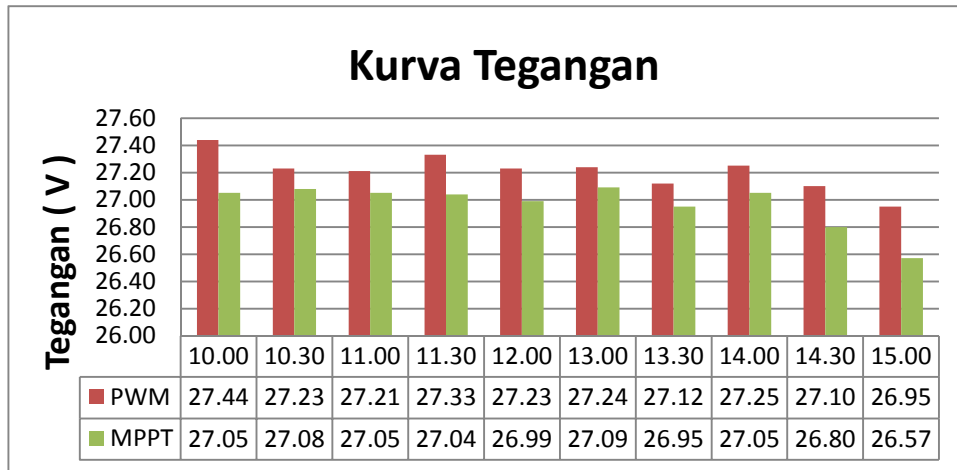
Solar charge controller yang digunakan dalam penelitian ini menerapkan teknologi PWM dan MPPT untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Seperti yang telah disebutkan di atas BCR yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui level tegangan baterai, BCR akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber suplai dari panel surya 12 V, 100 Wp yang disusun seri 2 buah kemudian di paralelkan. Output BCR dihubungkan ke barterai 12 V, 100 Ah yang tersusun secara seri 2 buah kemudian diparelelkan. Hasil pengukuran tegangan dan arus pada sisi output BCR yang ke baterai diperlihatkan tabel 1 di bawah.

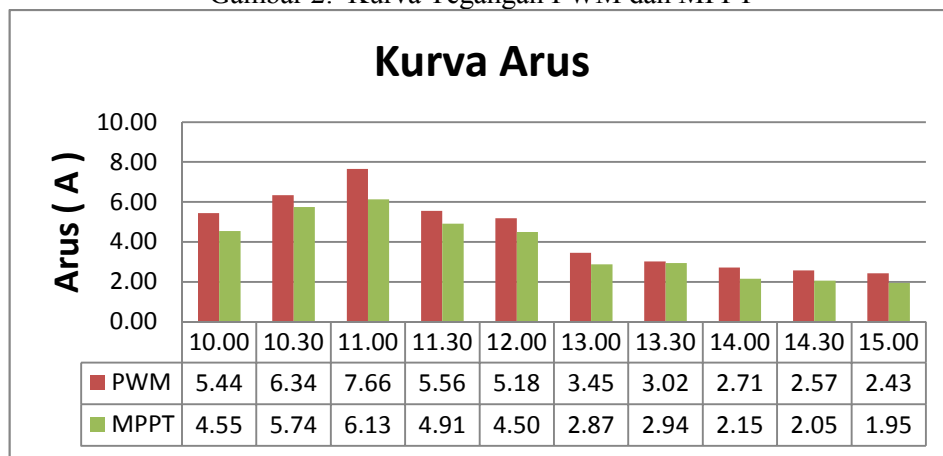
Tabel 1. Pengukuran Arus dan Tegangan

Jam	PWM		MPPT	
	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
10.00	27.44	5.44	27.05	4.55
10.30	27.23	6.34	27.08	5.74
11.00	27.21	7.66	27.05	6.13
11.30	27.33	5.56	27.04	4.91
12.00	27.23	5.18	26.99	4.50
13.00	27.24	3.45	27.09	2.87
13.30	26.12	3.02	26.95	2.94
14.00	27.25	2.71	27.05	2.15
14.30	27.10	2.57	26.80	2.05
15.00	26.95	2.43	26.57	1.95

Dari tabel 1 di atas dapat digambarkan kurva output tegangan dan arus pada saat pengisian ke baterai masing-masing BCR seperti gambar 2 dan 3 di bawah.

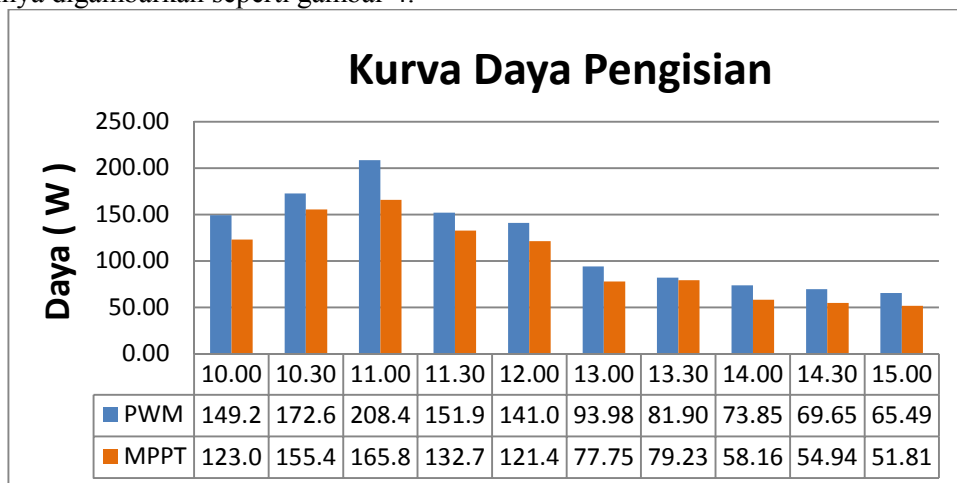


Gambar 2. Kurva Tegangan PWM dan MPPT



Gambar 3. Kurva Arus PWM dan MPPT

Hasil pengukuran tegangan dan arus menunjukkan bahwa BCR tipe PWM lebih besar bila dibandingkan dengan BCR tipe MPPT. Untuk menentukan daya pengisian ke baterai dari masing-masing BCR digunakan rumus $P = V \times I$ dan hasilnya digambarkan seperti gambar 4.



Gambar 3. Kurva Daya Pengisian PWM dan MPPT

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Hasil pengukuran tegangan dan arus BCR tipe PWM menunjukkan lebih besar dibandingkan dengan BCR tipe MPPT.
- 2) Daya pengisian paling besar panel PV ke baterai terjadi pada jam 11.00, untuk BCR tipe PWM besarnya 208,4 W sedangkan BCR tipe MPPT besarnya 165,8 W.

- 3) Salah satu indikator untuk memilih BCR untuk meningkatkan efisiensi pengisian baterai adalah besarnya daya pengisian yang bisa disimpan ke baterai dari energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, hasil penelitian ini menunjukkan tipe PWM lebih baik dibandingkan dengan tipe MPPT.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aryuanto, Yusuf, 2009. *Pengembangan Sistem Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida*. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- [2] Bakhtiar, Ruslan, Tadjuddin, 2015. *Rancang Bangun Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik pada Saat Beban Puncak PLN*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Ristek-Dikti.
- [3] Bakhtiar, Ruslan, Tadjuddin, 2016. *Pengembangan Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik pada Saat Beban Puncak PLN*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IV, Politeknik ATI Makassar.
- [4] Bakhtiar, Tadjuddin, 2017. *Optimalisasi Hibrid PLTS-PLN Waktu Beban Puncak*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [5] Fitriana, Ira, 2007. *Pemanfaatan Teknologi Sel Surya Pada Kja di Pulau Nguan*. BPPT Jakarta.
- [6] Marsudi, D., 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga Jakarta.
- [7] SNI, 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia*. LIPI Jakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ditjen Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendukung dan membiayai kegiatan ini melalui dana Rutin PNUP sehingga bisa terlaksana sesuai target yang direncanakan. Hal yang sama kami ucapkan terima kasih kepada Direktur dan Asisten Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua UPPM beserta staff, Ketua Jurusan Teknik Elektro beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menggunakan sarana dan prasarana yang ada di Laboratorium Teknik Listrik sampai akhir kegiatan ini.