

STUDI KINERJA DAN EFISIENSI SISTEM PENGEKASAN BATERAI PADA PEMBANGKIT *HYBRID* SURYA DAN ANGIN DI UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG

Kiki Jumaida¹, Welly Yandi^{2,a}, Deni Irwansyah², dan M Y Puriza²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Provinsi Aceh, 23127

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Balunijuk, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

^aemail korespondensi: wellyyandi@ubb.ac.id

ABSTRAK

Pembangkit listrik *Hybrid* dengan dua atau lebih sumber energi diharapkan dapat membantu penyediaan energi listrik yang lebih maksimal untuk pulau-pulau kecil dan daerah terpencil di negara kepulauan seperti Indonesia sebagai alternatif pemerataan penyediaan energi listrik. Pembangkit listrik *Hybrid* dengan sistem *off-grid* membutuhkan komponen penyimpanan energi seperti baterai atau aki sehingga perlu menggunakan sistem pengisian baterai yang terkontrol menggunakan *Baterai Unit Charge Controller (BUCC)* atau yang umum digunakan adalah *Solar Charge Controller (SCC)* tipe *PWM*. Tujuan Penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem kerja dan efisiensi *SCC* tipe *PWM* sebagai kontrol pengisian baterai. Pemilihan *SCC* yang sesuai diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi pembangkit. Pembangkit listrik *hybrid* menggunakan panel surya *polycrystalline* 50 Wp dan kincir angin 3 sudu dengan generator *DC* 30 Watt sebagai komponen konversi energi. *SCC* akan menjaga besar tegangan yang masuk ke baterai atau aki. Jika baterai sudah mendekati penuh maka arus yang masuk ke *SCC* akan menurun. Tegangan perlahan meningkat mendekati kondisi tegangan terbuka pembangkit. Sehingga daya yang masuk ke baterai menjadi terhenti. Rata-rata efisiensi *SCC PWM* adalah sebesar 93,99

Kata kunci: Panel Surya, Generator DC, *SCC*, Efisiensi, Konversi Energi

PENDAHULUAN

Energi surya dan energi angin merupakan beberapa dari sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Energi surya yang diterima permukaan bumi adalah sebesar 69 % dari total energi pancaran matahari dan mencapai 3 x 1.024 joule per tahun, energi ini setara dengan 2 x 1.017 Watt (West, 2003). Dengan menutup 0,1 % saja permukaan bumi dengan sel surya yang memiliki efisiensi 10 % sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi diseluruh dunia saat ini (Gratzel, 2001). Bumi menerima daya matahari 1,74 x 10 watt per jam dan sekitar 1-2%-nya diubah menjadi energi angin. Nilai ini setara 50-100 kali energi matahari yang dikonversi oleh semua tumbuhan di bumi menjadi biomassa (Irwansyah, 2020). Dengan potensi tersebut sudah semestinya setiap negara didunia lebih memperhatikan pemanfaatan energi angin dan surya sebagai tambahan energi listrik.

Pembangunan pembangkit listrik surya dan angin dapat digunakan sebagai alternatif penyediaan energi listrik di negara kepulauan terutama di Indonesia. Pemanfaatan dua atau lebih sumber energi sekaligus sebagai penyuplai kebutuhan listrik disebut juga sebagai pembangkit listrik *Hybrid* atau Hibrida. Dengan menggabungkan 2 pembangkit sekaligus diharapkan setiap pembangkit dapat saling mendukung dan dapat menghasilkan energi listrik secara kontinu.

Dalam sistem pembangkit listrik secara *off-grid*, energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik disimpan dalam komponen penyimpan energi seperti baterai atau aki. Dalam menyuplai energi listrik ke aki

atau baterai, pembangkit listrik menggunakan sistem pengontrolan pengisian baterai yang dikenal dengan nama *Baterai Unit Charge Controller (BUCC)*. Jenis *BUCC* yang umum digunakan adalah *Solar Charge Controller (SCC)* dengan tipe *Pulse Width Modulation* yang berfungsi untuk mengatur tegangan dan arus yang masuk ke baterai. Dalam mekanisme kerjanya, *SCC* tipe *PWM* memiliki sistem kerja tersendiri dalam melakukan pengontrolan pengisian baterai terutama ketika kondisi baterai mendekati penuh dan terisi penuh. Selain itu, pemilihan *SCC* yang baik dapat mendukung sistem konversi energi menjadi lebih efisien. Sehingga perlu diperhatikan kinerja dan efisiensi *SCC* agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan dalam perancangan pembangkit listrik.

METODE PENELITIAN

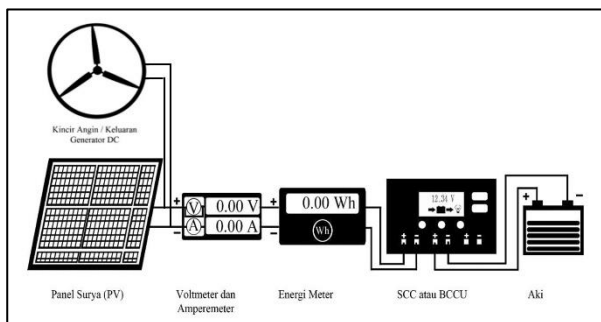
Penelitian dilakukan dilapangan Parkir Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung. Pengambilan data Pada pengambilan data dilakukan selama 3 hari dimulai dari hari rabu/8 Juli 2020 sampai dengan jum'at/10 Juli 2020 dari jam 07.00 s/d 17.00 dengan pencatatan data setiap 5 menit. Adapun alat dan bahan penelitian terperinci seperti Tabel 1.

Penelitian ini menggunakan sebuah panel surya 50 Wp tipe *Polycrystalline* dengan tegangan maksimum 16 Volt dan arus maksimum 3,13 Ampere. Untuk set PLTB yang digunakan menggunakan kincir atau turbin angin 3 sudu yang dihubungkan dengan generator *DC* 30 Watt. Tegangan keluaran generator sebesar 12-90 Volt pada putaran antara 500-1000 rpm dan arus maksimum sebesar 1,25 Ampere (24 Volt). Pembangkit listrik

dihubungkan secara paralel dan tersambung ke SCC PWM untuk mengatur arus listrik yang mengalir ke Aki. Komponen pengukuran dipasang diantara output pembangkit dan SCC seperti pada Gambar 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

| Alat Penelitian | Kegunaan |
|---|--|
| Multimeter/Voltmeter dan Ammeter | Untuk mengukur Tegangan dan Arus listrik |
| Energy Meter | Mengukur energi listrik |
| Aplikasi Sensors dan Tachometer | Mengukur intensitas cahaya dan putaran turbin |
| Power Supply | Pengujian efisiensi SCC |
| Bahan Penelitian | Kegunaan |
| Panel Surya 50 Wp | Media pengubah energi surya menjadi energi listrik |
| Set PLTB dengan generator DC 30 Watt | Media pengubah energi Angin menjadi energi listrik |
| Kabel | Penghubung antar komponen |
| SCC (Solar Charge Controller) 10 A | Kontroler Pengisian Aki |
| Aki kapasitas 7 Ah dan 5 Ah | Media Penyimpanan Energi Listrik |
| Lampu DC 12 Volt 12 Watt atau beban DC lain | Untuk melakukan pengosongan aki |



Gambar 1. Skema pemasangan komponen penelitian.

Pada pengukuran parameter untuk menentukan besar efisiensi SCC, sistem pembangkit listrik digantikan dengan powersupply untuk memperhatikan hasil yang lebih stabil dan tidak berubah-ubah. Pemasangan alat ukur juga dilakukan pada kedua sisi input dan output SCC. Nilai efisiensi yang didapatkan merupakan perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan dalam satuan persen.

Data yang didapatkan untuk menganalisis sistem kerja SCC dan efisiensi SCC adalah data tegangan, arus untuk menghitung daya yang masuk dan keluar dari SCC serta data energi listrik yang dihasilkan. Selain itu data intensitas cahaya dan putaran turbin untuk memperhatikan kondisi cuaca. Dikarenakan pembangkit listrik didominasi oleh output panel surya sehingga parameter tegangan dan arus pembangkit listrik yang diparalelkan akan mendekati keluaran dari panel surya. Setelah dilakukan pengukuran, hasil yang didapatkan akan dianalisis secara statistik untuk mendapatkan rata-rata, maksimum, minimum dan pembuatan grafik.. Perhitungan daya didapat dari perkalian tegangan dan arus dengan persamaan (Zuhal, 1991)(Yandi, 2017):

$$P = V \times I \tag{1}$$

Dengan;

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

W = Energi Listrik (Wh)

t = Waktu (jam/h)

Perhitungan efisiensi SCC;

$$\eta_{SCC} = \frac{P_{in\ SCC}}{P_{out\ SCC}} \times 100\% \tag{2}$$

Dengan;

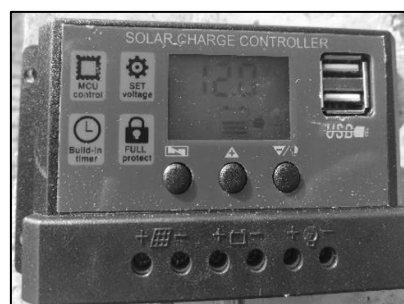
η_{SCC} = Efisiensi SCC (%)

$P_{in\ SCC}$ = Daya Masukan SCC (W)

$P_{out\ SCC}$ = Daya Keluaran SCC (W)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Solar Charge Controller (SCC) yang digunakan sebagai bahan uji adalah SCC dengan tipe PWM (Gambar 2) dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2



Gambar 2. Solar Charge Controller

Tabel 2. Spesifikasi SCC

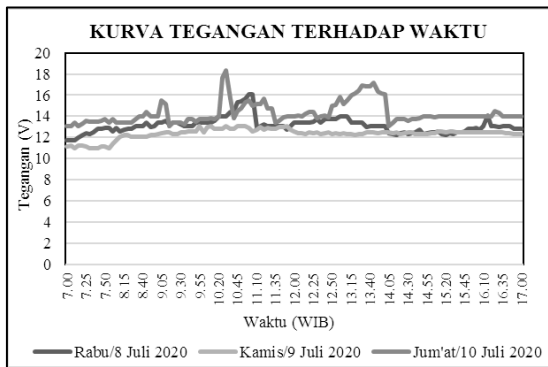
| Parameter | Spesifikasi |
|-------------------|-------------------------|
| Nama Merek | EA SUN Power |
| Tipe | SCC PWM |
| Tegangan | 12/24 V |
| Arus | 10 A |
| Maks. Tegangan PV | 50 V |
| Maks. Daya PV | 130W/12V atau 260 W/24V |

Adapun hasil pengukuran parameter keluaran pembangkit listrik yaitu; tegangan, arus, daya dan energi listrik seperti pada Gambar 3 dan Tabel 3.

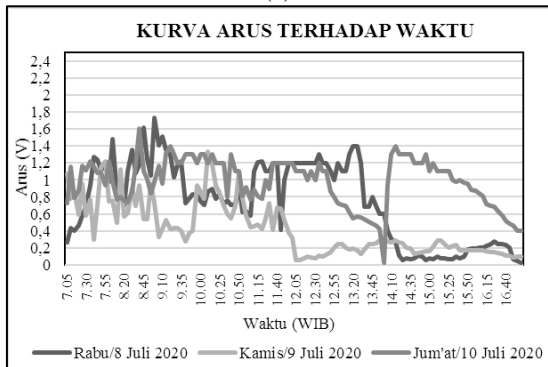
(d) Energi.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Pengukuran Parameter

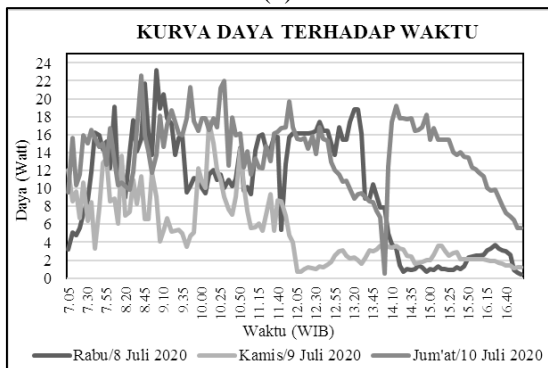
| Parameter | Rabu | Kamis | Jum'at | |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|--------|
| | (8 Jul 2020) | (9 Jul 2020) | (10 Jul 2020) | |
| Tegangan (Volt) | Rata-rata | 13,13 | 12,36 | 14,29 |
| | Maksimum | 16,10 | 13,10 | 18,30 |
| | Minimum | 11,70 | 11,00 | 13,10 |
| Arus (Ampere) | Rata-rata | 0,74 | 0,43 | 0,98 |
| | Maksimum | 1,73 | 1,33 | 1,61 |
| | Minimum | 0,03 | 0,06 | 0,03 |
| Daya (Watt) | Rata-rata | 9,88 | 5,27 | 13,90 |
| | Maksimum | 23,2 | 17,4 | 22,6 |
| | Minimum | 0,38 | 0,74 | 0,48 |
| Energi (Wh) | Total | 94,77 | 49,30 | 130,06 |



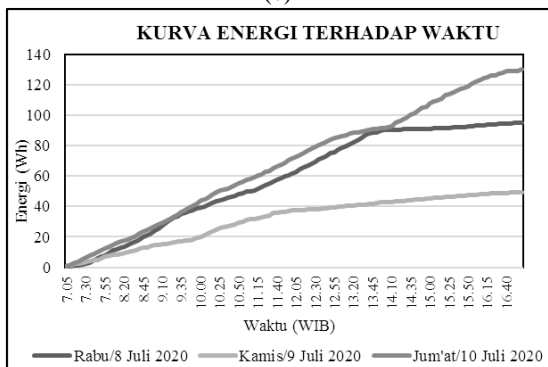
(a)



(b)



(c)



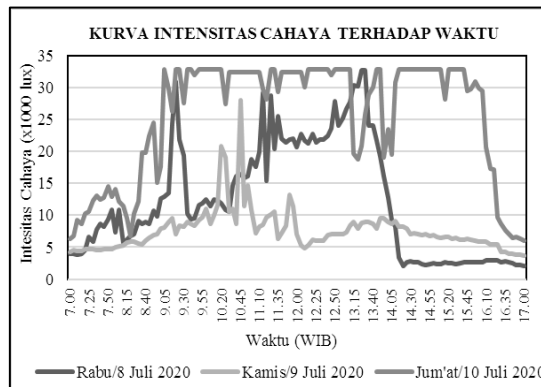
(d)

Gambar 3. Grafik keluaran panel surya terhadap waktu, (a) Tegangan, (b) Arus, (c) Daya,

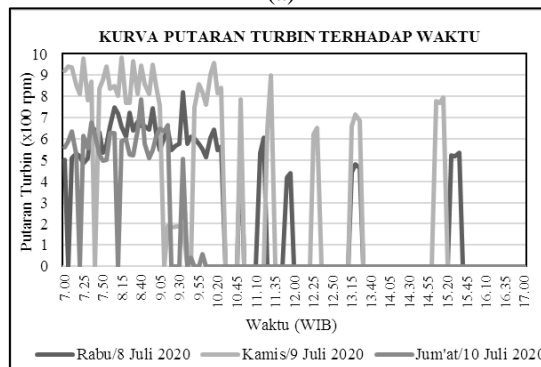
Adapun kondisi cuaca berdasarkan pengukuran intensitas cahaya matahari dan putaran turbin serta pengamatan secara langsung seperti pada Gambar 4 dan Tabel 4.

Sesuai dengan kondisi cuaca tersebut dan grafik pada Gambar 2, untuk hari rabu terjadi satu kali pergantian aki. Untuk hari kamis, kondisi cuaca didominasi oleh hujan sehingga tidak terjadi pergantian aki. Dan untuk hari jum'at, kondisi cuaca merupakan kondisi penyinaran yang paling lama

sehingga terjadi pergantian aki sebanyak 2 kali. Pembangkit tenaga angin membantu penyuplaian energi listrik lebih banyak pada waktu hujan dengan disertai angin yang lebih kencang yaitu pada hari kamis/9 Juli 2020.



(a)



(b)

Gambar 4. Kurva kondisi masukan pembangkit terhadap waktu, (a) intensitas cahaya, (b) Putaran Kincir.

Tabel 4. Kondisi cuaca pada hari pengukuran berdasarkan pengamatan langsung

| Hari/Tanggal | Kondisi Cuaca |
|----------------------|---|
| Rabu/ 8 juli 2020 | Berawan dipagi hari dan pada siang hari sesekali terjadi penyinaran penuh namun terjadi hujan sebentar menjelang sore dan diakhiri oleh kondisi cerah berawan. Angin berhembus pada pagi hari dan cenderung tenang pada sore hari |
| Kamis/ 9 juli 2020 | Cerah dipagi hari hingga menjelang siang mulai berawan dan hujan pada siang hari sehingga tidak terjadi penyinaran yang tinggi, kondisi berawan disertai hujan dan gerimis. Angin berhembus kencang di pagi menjelang siang hari saat terjadinya hujan. |
| Jum'at/ 10 juli 2020 | Kondisi cuaca pada hari Jum'at yaitu; cerah dan diselingi berawan dan gerimis kecil sehingga terjadi penyinaran matahari yang cukup tinggi (cerah) dan lama. Angin berhembus pada beberapa waktu di pagi hari dan tenang saat siang dan sore hari. |

Selain kondisi cuaca yang mempengaruhi parameter keluaran pembangkit atau sumber. Terdapat beberapa kondisi ketika tegangan terukur memiliki kenaikan yang signifikan sedangkan nilai arus mengalami penurunan. Berdasarkan kurva intensitas cahaya dan putaran turbin,

kondisi cuaca dapat dikatakan cukup cerah dan penyinaran matahari cukup tinggi. Kondisi ini merupakan kondisi terjadinya pergantian akibat kondisi aki yang sudah penuh. Dapat dilihat pada grafik tegangan dan arus pada gambar 2. Perubahan parameter tegangan dan arus pada saat terjadinya pergantian aki dapat diperhatikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kondisi parameter ketika pergantian aki

| Hari/ Tanggal | Kondisi Aki | Waktu (WIB) | Tegangan (V) | Arus (A) |
|----------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|
| Rabu/ 8 Juli 2020 | Sebelum Pergantian | 11.00 | 16,1 | 0,63 |
| | | 11.05 | 16,1 | 0,58 |
| | Sesudah Pergantian | 11.10 | 12,9 | 1,1 |
| | | 11.20 | 13,1 | 1,1 |
| Jum'at/ 10 Juli 2020 | Sebelum Pergantian | 13.55 | 16,2 | 0,42 |
| | | 14.00 | 16,1 | 0,03 |
| | Sesudah Pergantian | 14.05 | 13,1 | 0,95 |
| | | 14.10 | 13,4 | 1,3 |

Sebelum dilakukan pergantian aki, tegangan akan mengalami kenaikan hingga mendekati besar tegangan maksimum (V_{maks}) pembangkit (panel surya). Sedangkan kondisi arus mengalami penurunan hingga mendekati 0. Setelah dilakukan pergantian aki, nilai tegangan langsung menyesuaikan terhadap tegangan aki dan arus mengalami kenaikan. Hal ini merupakan mekanisme pengisian aki yang dilakukan oleh SCC. SCC akan menyesuaikan keluaran daya menuju aki. Ketika aki mulai terisi penuh, arus yang masuk ke aki dibatasi sedangkan tegangan yang masuk ke aki dijaga agar tetap berada sedikit diatas tegangan aki. Hal ini menyebabkan tegangan pada sisi panel meningkat dan arus menjadi berkurang. Sehingga perubahan parameter keluaran pembangkit *Hybrid* dapat terjadi karena;

1. Pada dasarnya SCC akan menjaga besar tegangan yang masuk ke baterai atau aki. Sehingga apabila daya yang dihasilkan dari pembangkit semakin besar, maka arus yang masuk ke aki melalui SCC juga bernilai besar dan tegangan dijaga sedikit lebih besar dari tegangan aki. Perubahan cuaca sangat mempengaruhi keluaran pembangkit *Hybrid*.
2. Jika baterai atau aki telah terisi penuh ataupun sudah mendekati penuh maka arus yang masuk ke SCC akan menurun. Tegangan perlahan meningkat mendekati kondisi *open circuit* atau tegangan terbuka pembangkit. Sehingga daya yang masuk ke aki menjadi terhenti. Setelah dilakukan pergantian aki, maka kondisi tegangan kembali menyesuaikan terhadap kondisi aki yang baru.

Untuk mendapatkan besar efisiensi SCC PWM menggunakan sumber dari *power supply* dengan mengatur masukan tegangan dan arus sehingga lebih stabil dan lebih akurat dalam pengukuran. Pada sisi *input* dan *output* dipasang amperemeter untuk mengukur arus dan multimeter untuk mengukur tegangan pada pin SCC PWM. Adapun rangkaian pengujian seperti pada Gambar 5, Tabel 6 dan 7.



Gambar 5. Penyusunan komponen pengujian efisiensi SCC PWM.

Tabel 6. Hasil pengukuran dan perhitungan efisiensi SCC PWM

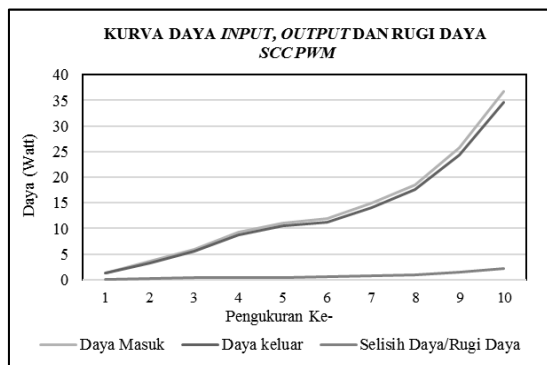
| Input | | | Output | | | Efisiensi (%) |
|-------------------------|----------|----------|--------------|----------|----------|---------------|
| Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | |
| 11,38 | 0,12 | 1,37 | 11,26 | 0,11 | 1,24 | 90,70 |
| 11,42 | 0,31 | 3,54 | 11,28 | 0,29 | 3,27 | 92,40 |
| 11,43 | 0,52 | 5,94 | 11,30 | 0,49 | 5,54 | 93,16 |
| 11,51 | 0,80 | 9,21 | 11,36 | 0,77 | 8,75 | 95,00 |
| 11,61 | 0,95 | 11,03 | 11,45 | 0,92 | 10,53 | 95,51 |
| 11,63 | 1,02 | 11,86 | 11,48 | 0,98 | 11,25 | 94,84 |
| 11,81 | 1,26 | 14,88 | 11,55 | 1,22 | 14,09 | 94,69 |
| 11,90 | 1,55 | 18,45 | 11,69 | 1,50 | 17,54 | 95,07 |
| 12,27 | 2,10 | 25,77 | 12,03 | 2,02 | 24,30 | 94,31 |
| 12,91 | 2,85 | 36,79 | 12,61 | 2,75 | 34,68 | 94,25 |
| Rata-Rata Efisiensi (%) | | | | | | 93,99 |

Tabel 7. Rugi daya SCC PWM berdasarkan selisih daya *input* dan daya *output*

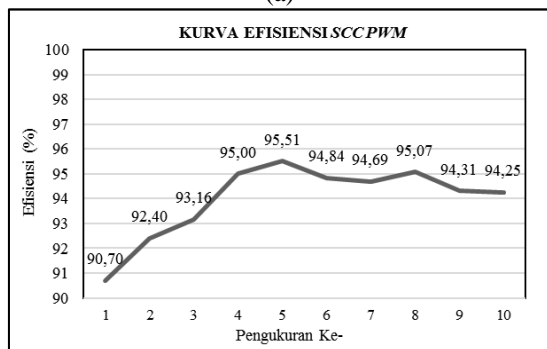
| Daya Input (W) | Daya Output (W) | Rugi Daya | |
|----------------|-----------------|-------------|-------------|
| | | Watt | % |
| 1,37 | 1,24 | 0,13 | 9,30 |
| 3,54 | 3,27 | 0,27 | 7,60 |
| 5,94 | 5,54 | 0,41 | 6,84 |
| 9,21 | 8,75 | 0,46 | 5,00 |
| 11,03 | 10,53 | 0,50 | 4,49 |
| 11,86 | 11,25 | 0,61 | 5,16 |
| 14,88 | 14,09 | 0,79 | 5,31 |
| 18,45 | 17,54 | 0,91 | 4,93 |
| 25,77 | 24,30 | 1,47 | 5,69 |
| 36,79 | 34,68 | 2,12 | 5,75 |
| Rata-Rata | | 0,77 | 6,01 |

Berdasarkan data efisiensi SCC PWM pada Tabel 4, didapatkan grafik efisiensi SCC PWM seperti Gambar 6.

Perhitungan efisiensi pada tabel 4 didasarkan pada persamaan 4 dengan membandingkan besar daya keluaran terhadap daya masukan. Selisih antara daya masuk dan daya keluar merupakan rugi daya sistem atau rugi komponen pada SCC PWM. Rata-rata efisiensi SCC PWM adalah sebesar 93,99%. Dari pengukuran, besar arus dan daya maksimum yang masuk ke dalam SCC adalah sebesar 2,85 A dan 36,79 W. Dapat diperhatikan ketika terjadi kenaikan arus yang masuk maka efisiensi cenderung meningkat signifikan dan setelah pengukuran ke-5 pada arus masuk sebesar 0,92 A, nilai efisiensi mulai mengalami penurunan dan kurva berubah menjadi lebih landai.



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Grafik daya dan rugi daya, (b) Grafik efisiensi SCC PWM.

Rugi daya pada SCC PWM mengalami kenaikan yang signifikan untuk setiap perubahan daya yang masuk ke SCC PWM. Sehingga semakin besar daya yang dikontrol oleh SCC maka rugi daya pada SCC juga semakin meningkat. Untuk kondisi daya maksimum, rugi daya mencapai nilai 2,25 W. Dengan persentase rata-rata rugi daya terhadap daya masuk sebesar 6,01%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja SCC PWM dengan arus maksimum 10 Ampere bekerja dengan efisiensi tertinggi pada nominal arus 0,95-1 Ampere. Penggunaan pada rentang arus tersebut dimaksudkan untuk mengurangi rugi daya sistem dan mempertahankan efisiensi sistem. Sehingga sangat cocok dipakai untuk pembangkit listrik terutama panel surya dengan kapasitas sebesar 50 Wp atau dengan arus masuk kurang dari 3 Ampere.

KESIMPULAN

Pada dasarnya SCC akan menjadi besar tegangan yang masuk ke baterai atau aki. Sehingga apabila daya yang dihasilkan dari pembangkit semakin besar, maka arus yang masuk ke aki melalui SCC juga bernilai besar dan tegangan dijaga sedikit lebih besar dari tegangan aki. Perubahan cuaca sangat mempengaruhi keluaran pembangkit Hybrid. Jika baterai atau aki telah terisi

penuh ataupun sudah mendekati penuh maka arus yang masuk ke SCC akan menurun. Tegangan perlahan meningkat mendekati kondisi *open circuit* atau tegangan terbuka pembangkit. Sehingga daya yang masuk ke aki menjadi terhenti. Setelah dilakukan pergantian aki, maka kondisi tegangan kembali menyesuaikan terhadap kondisi aki yang baru.

Dari pengukuran dan perhitungan didapatkan Rata-rata efisiensi SCC PWM adalah sebesar 93,99%. Rugi daya pada SCC PWM mengalami kenaikan yang signifikan untuk setiap perubahan daya yang masuk ke SCC PWM. Sehingga semakin besar daya yang dikontrol oleh SCC maka rugi daya pada SCC juga semakin meningkat. Persentase rata-rata rugi daya terhadap daya masuk adalah sebesar 6,01%

Dari hasil yang didapatkan mengenai studi kinerja dan efisiensi sistem pengisian baterai pada pembangkit hybrid surya dan angin di Universitas Bangka Belitung, penambahan beberapa jenis BUCB yang digunakan dapat divariasikan seperti SCC tipe MPPT ataupun dengan merek dan spesifikasi yang berbeda agar dapat dilakukan perbandingan. Sehingga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan BUCB atau SCC yang lebih sesuai dengan keperluan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung atas pembiayaan publikasi artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Gratzel, M., 2001. Photoelectrochemical cells. *Nature*, 414, pp. 338–344.
- Hidayati, D., 2020. Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya. *Eksergi*, 15(3), p. 93.
- Irwansyah, D., 2020. Konversi Energi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sebagai Perencanaan Pembangkit. *SENTER V 2020*, X(November 2020), pp. 113–127.
- Putra, S. and Rangkuti, C., 2016. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah. *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*, pp. 23.1-23.7.
- West, K., 2003. Solar Cell Beyond Silicon. *Riso International*, p.
- Yandi, W., 2017. Tracker Tiga Posisi Panel Surya Untuk Peningkatan Konversi Energi dengan Catu Daya Rendah. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 6(3), p.
- Zuhail, 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. 2nd edn. Bandung: Penerbit ITB.