

RANCANG BANGUN *HYBRID ENERGY SOLAR CELL* DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU BERBASIS *MICROCONTROLLER*

Aulia Randy Permadi

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : auliapermadi@mhs.unesa.ac.id

Achmad Imam Agung

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : achmadimam@unesa.ac.id

Abstrak

Konsumsi listrik di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Dinas Perencanaan Sistem PT. PLN (Persero) dan Tim Energi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) memproyeksikan kebutuhan listrik di Indonesia selama kurun waktu 2003-2020 mengalami kenaikan 6,5% setiap tahunnya. Pertambahan ini harus diimbangi dengan penambahan sumber-sumber energi baru. Sebagian besar energi yang digunakan sekarang berasal dari fosil, tidak bisa diperbaharui dan habis jika digunakan secara terus menerus. Sehingga manusia dituntut untuk mencari sumber energi yang dapat diperbaharui atau terbarukan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui cara merancang alat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu berbasis *microcontroller*, selain itu juga mengetahui kinerja dari alat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu berbasis *microcontroller*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan *solar cell* dapat bekerja secara maksimal pada pukul 12.00 dengan menghasilkan tegangan sebesar 19,45 volt dan arus sebesar 0,56 ampere dan pembangkit listrik tenaga bayu bekerja secara maksimal pada pukul 14.00 dengan menghasilkan tegangan sebesar 5 sampai 7 volt , arus sebesar 0,40 sampai 0,60 ampere, dan kecepatan angin sebesar 4 sampai 6 m/s. Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa lama pengisian aki lebih cepat dibandingkan dengan lama pemakaian beban yaitu pengisian aki selama 7 jam dan lama waktu pemakaian beban selama 12 jam.

Kata Kunci: *Hybrid Energy, Solar Cell, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, Microcontroller.*

Abstract

Electricity consumption in Indonesia continues to increase every year in line with the increase in national economic growth. System Planning Office PT. PLN (Persero) and the Energy Team The Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT) projects that electricity demand in Indonesia during the 2003-2020 period has increased 6.5% annually. This increase must be balanced with the addition of new energy sources. Most of the energy used now comes from fossils, cannot be renewed and runs out when used continuously. So that humans are required to look for renewable or renewable energy sources. The purpose of this study is to know how to design hybrid solar cell energy devices and microcontroller-based wood power plants. microcontroller based. The method used in this study is the experimental research method. The results of research conducted by solar cell can work optimally at 12.00 by producing a voltage of 19.45 volts and a current of 0.56 amperes and the wind power plant works optimally at 14.00 by producing a voltage of 5 to 7 volts, currents of 0.40 to 0.60 amperes, and wind speeds of 4 to 6 m / s. From the research conducted, it can be concluded that the duration of battery charging is faster than the load duration, which is charging the battery for 7 hours and the usage time for the load for 12 hours.

Keywords: *Hybrid Energy, Solar Cell, Bayu Power Plant, Microcontroller.*

PENDAHULUAN

Konsumsi listrik di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Dinas Perencanaan Sistem PT. PLN (Persero) dan Tim Energi Badan Pengkajian dan

Penerapan Teknologi (BPPT) memproyeksikan kebutuhan listrik di Indonesia selama kurun waktu 2003-2020 akan mengalami kenaikan 6,5% setiap tahunnya (Muchlis,2003) . Pertambahan ini harus diimbangi dengan penambahan sumber-sumber energi baru. Sebagian besar energi yang gunakan sekarang berasal dari fosil, tidak bisa

diperbaharui dan akan habis jika digunakan secara terus menerus. Sehingga manusia dituntut untuk mencari sumber-sumber energi lain yang sedapat mungkin sumber energi tersebut dapat diperbaharui atau terbarukan.

Sumber energi terbarukan diharapkan memiliki peran aktif dalam skenario diversifikasi energi di masa yang akan datang karena sumber energi ini bersifat ramah terhadap lingkungan dan memiliki cadangan yang tidak pernah habis. Sebagai contoh energi matahari, yang merupakan energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dan ketersediaannya juga sangat memadai. Selain itu, energi angin merupakan sumber energi alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan. Meskipun demikian, pengembangan kedua sumber energi alternatif ini sangat dipengaruhi oleh keadaan geografis. Sumber energi terbarukan memiliki potensi menghasilkan daya listrik untuk masyarakat. Proses pengembangan teknologi untuk memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan dalam skala kecil yang murah dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat masih terus dikembangkan.

Dengan adanya permasalahan diatas maka mendorong penulis untuk mengangkat judul “ Rancang Bangun *Hybrid Energy Solar Cell* dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu”. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu serta mengetahui kinerja alat tersebut. Peneliti merujuk dari jurnal yang berjudul “ Pembangkit Listrik Sistem Hibrida Sel Surya Dengan Energi Angin” dan “ Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Untuk Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Pulau Pramuka”.

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian *Hybrid Energy*

Pengertian Energi Hibrid pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem hibrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu.

Sistem Hibrid merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN) atau Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (primer).

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH), *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, mikrohidro, dan lain-lain yang

dapat dikombinasikan dengan Diesel-Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, setrika listrik. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal (Faiz, 2016).

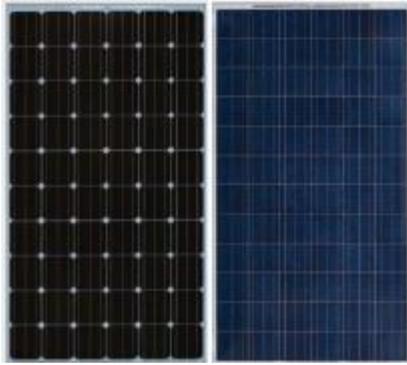
Solar Cell

Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Yang dimaksud dengan efek *photovoltaic* adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, sel surya atau *solar cell* sering disebut juga dengan sel *photovoltaic* (PV).

Efek *photovoltaic* ini ditemukan oleh Edmund Becquerel pada tahun 1839. Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti dioda foto (*Photodiode*), sel surya atau *solar cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik. Pada dasarnya, Sel Surya merupakan dioda foto (*Photodiode*) yang memiliki permukaan yang sangat besar (Pudjanarsa 2006).

Pada saat ini peneliti telah berhasil mengembangkan dua jenis sel surya yang umum digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jenis sel surya itu antara lain *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Tiap jenis sel surya mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Tipe *monocrystalline* mempunyai efisiensi yang sangat tinggi sekitar 16-17 % bahkan ada yang memiliki efisiensi hingga 20% (Fahmi,2017). Selain itu dimensi dari tipe ini lebih kecil. Namun dalam proses produksinya menemui kendala pada biaya yang lebih mahal karena proses pembuatannya yang rumit. Selain itu sel surya ini kurang berfungsi dengan baik atau efisiensinya akan berkurang drastis jika cuaca berawan.

Tipe *polycrystalline* mempunyai efisiensi yang lebih rendah dan dimensi yang lebih besar jika dibandingkan dengan tipe *monocrystalline*. Akan tetapi tipe ini dapat menghasilkan energi listrik dalam keadaan cuaca berawan dan mempunyai harga yang lebih murah sehingga banyak dipakai di pasaran (Fahmi,2017). Untuk contoh panel surya tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline* dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Panel Surya Tipe *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*
(Sumber :Fahmi, 2017)

Bayu

Bayu atau angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi. Angin akan bergerak ke daerah yang memiliki tekanan yang tinggi ke tekanan rendah. Hal ini terjadi karena perbedaan waktu pada penyinaran matahari.

Peristiwa Bergeraknya udara dalam bentuk angin sama dengan peristiwa Bergeraknya air. Air akan mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan kecepatannya bergantung pada beda ketinggian kedua tempat tersebut. Semakin besar beda ketinggiannya, maka semakin besar pula kecepatan alirannya. Hal yang sama terjadi pula pada proses berhembusnya angin, besarnya kecepatan tergantung pada perbedaan tekanannya, semakin besar pula kecepatan anginnya. Selain angin pasat terdapat angin-angin lokal lain seperti angin laut, angin darat, angin muson dan angin lokal lainnya.

Angin Secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai angin planetary dan lokal. Angin *planetary* disebabkan oleh pemanasan yang lebih besar pada permukaan bumi dekat ekuator daripada Kutub Utara dan Selatan. Hal ini menyebabkan udara hangat didaerah tropis naik dan mengalir melalui atmosfer ke kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke ekuator didekat permukaan bumi. Angin lokal disebabkan dua mekanisme. Yang pertama adalah perbedaan panas antara daratan dan air, dan yang kedua karena *hill and mountain sides*.

Energi angin dapat dikonversikan menjadi energi mekanik, seperti pada penggilingan biji, pemompaan air untuk irigasi, pengering arau pencacah hasil panen, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin yang tinggi tetap perlu

diidentifikasi agar pemanfaatan energi angin dapat diaplikasikan secara lebih luas (Habibi,2013).

Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. *Relay* dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*nya. (Daniel, 2015). Tampilan *relay* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan *Relay*
(Sumber : Daniel, 2015)

Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan untuk penggunaan elektronika dalam berbagai bidang. *Software*nya memiliki bahasa program sendiri, sedangkan Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler.

IC (*integrated circuit*) ini memiliki 4 input/output, Koneksi USB, soket adaptor, *pin header* ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mensupport mikrokontrol secara mudah terhubung dengan kabel *power USB* atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC atau juga *battery*. sehingga Arduino Uno dipilih sebagai rangkaian pengontrol semua sistem (Sigit.2017). Arduino Uno diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arduino uno
(Sumber: Sigit: 2017)

METODE PENELITIAN

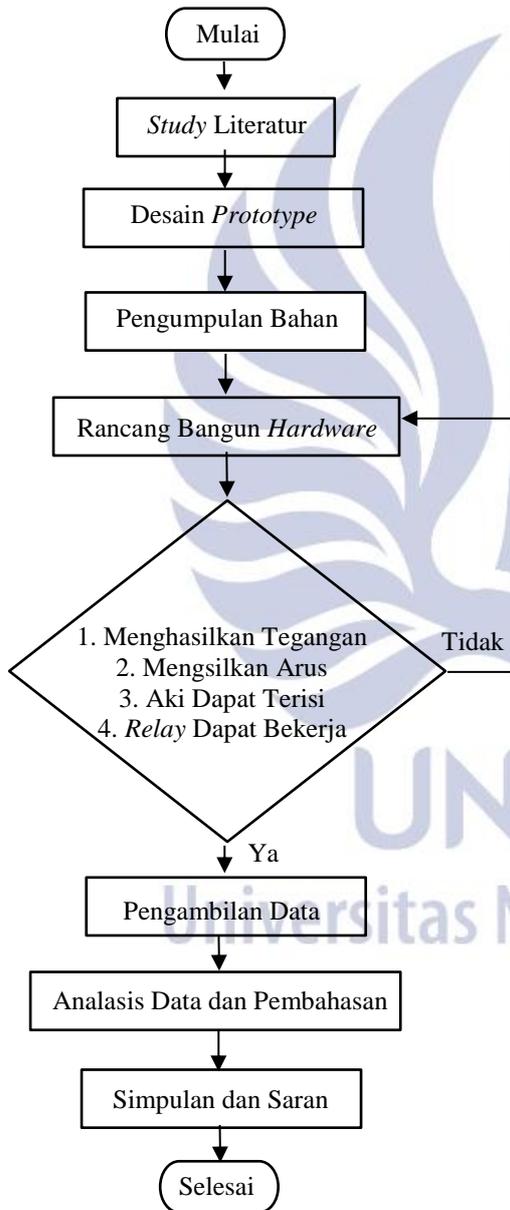
Pendekatan Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu metode yang relevan dengan tujuan yang ingin dicapai. Metode penelitian yang digunakan penulis adalah eksperimen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan alat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu berbasis *microcontroller*.

Rancang Penelitian

Urutan rancang penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



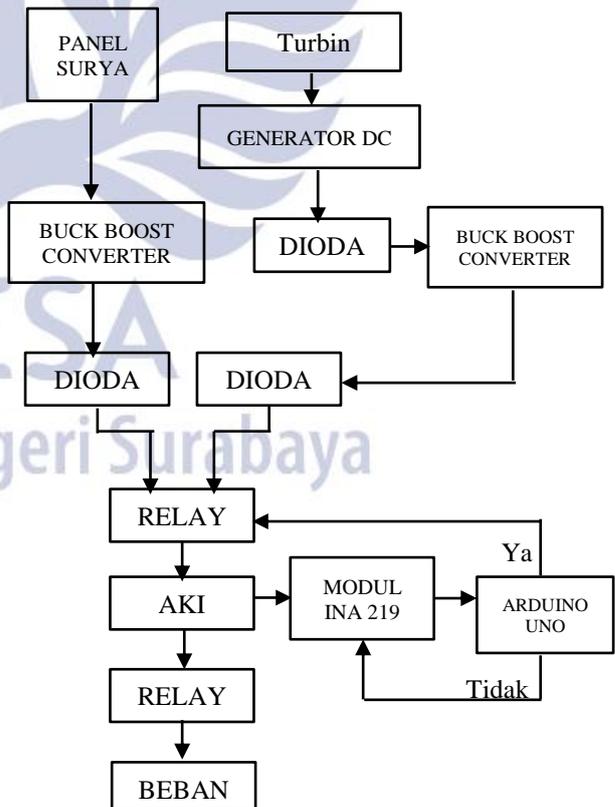
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian (Sumber: Data Primer, 2019)

Pada **Gambar 4** menjelaskan tahapan rancangan penelitian. Pertama mempelajari hal yang diperlukan

dalam pembuatan *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu berbasis *microcontroller* dengan membaca jurnal yang sudah ada. Langkah selanjutnya mempelajari tentang pembuatan *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu berbasis *microcontroller* yaitu dengan mendesain *hardware* di *software* SketchUp. Langkah selanjutnya mengumpulkan bahan yang dibutuhkan dan juga alat ukur yang akan digunakan. Langkah selanjutnya setelah bahan terkumpul, maka membuat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu berbasis *microcontroller* sesuai dengan desain yang sudah dibuat di *software* yang sudah digunakan. Langkah selanjutnya yaitu proses pengujian dimana apakah hasil sesuai dengan keinginan jika tidak sesuai maka akan kembali merancang bangun *hardware* jika sesuai maka lanjut ke proses pengambilan data. Selanjutnya setelah data diperoleh menganalisis hasil dari percobaan yang telah dilakukan, dan yang terakhir menarik kesimpulan dari hasil data yang telah dilakukan.

Rancang Bangun Hardware Diagram Hardware Sistem

Diagram *hardware* sistem *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hardware Sistem Hybrid Energy Solar Cell dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Sumber: Data Primer, 2019)

Pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa Langkah awal yaitu dengan bekerjanya panel surya yang menangkap sinar matahari serta angin yang berfungsi untuk memutar Turbin Angin. Setelah Turbin Angin berputar maka akan menggerakkan Generator DC. Dioda berfungsi sebagai blok tegangan yang dihasilkan oleh solar cell agar tidak diserap oleh generator DC saat turbin angin tidak berputar. Panel surya dan generator DC akan menghasilkan tegangan DC yang selanjutnya akan disimpan menuju Aki. Dioda berfungsi sebagai blok tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* agar tidak diserap oleh generator DC saat turbin angin tidak berputar. Panel Surya dan Generator DC akan menghasilkan tegangan DC yang selanjutnya akan disimpan menuju Aki. Untuk pengisian aki menggunakan rangkaian *buck-boost converter*. Fungsi dari rangkaian ini adalah untuk membatasi agar tegangan yang digunakan untuk pengisian aki dapat stabil.

Relay berfungsi sebagai pemutus *supply* ke aki ketika daya pada aki penuh dan *relay* juga berfungsi sebagai pemutus beban pada saat penggunaan sudah mencapai 12 jam. *Relay* pemutus *supply* ke aki akan berkerja apabila modul INA219 mendeteksi daya aki sudah penuh kemudian modul INA219 akan memberikan sinyal ke arduino uno dan arduino uno akan secara otomatis memberikan perintah ke *relay* agar memutus daya *supply* ke aki. *Relay* pemutus beban akan berfungsi ketika waktu pemakaian beban telah bekerja selama 12 jam. Tujuan *relay* pemutus *supply* dan pemutus beban adalah untuk meminimalisir kerusakan pada aki.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengambilan data ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan pada *solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu selama 7 hari. Setelah melakukan pengambilan data tegangan dan arus yang dihasilkan *solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu pengambilan data selanjutnya yaitu pengambilan data hasil pengujian pemakaian beban dan pengujian pengisian aki.

Pengujian Solar Cell dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Pengujian ini merupakan pengujian *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan serta arus pengisian pada aki yang dihasilkan dari panel surya dan pembangkit listrik tenaga bayu. Pengambilan data dimulai pada pukul 08.00 dan berakhir pada pukul 16.00. Pengambilan data pada sistem *hybrid energy* dilakukan dalam waktu 7 hari. Untuk mengetahui hasil dari pengambilan data selama 7 hari maka penulis membuat rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Pengujian Solar Cell

Jam	Tegangan Solar Cell (V)	Tegangan Output Buck-Boost Converter (V)	Arus Solar Cell (I)
08.00	20,11 V	13,2 V	0,26 A
09.00	19,85 V	13,2 V	0,32 A
10.00	19,74 V	13,2 V	0,36 A
11.00	19,55 V	13,2 V	0,45 A
12.00	19,45 V	13,2 V	0,56 A
13.00	19,35 V	13,2 V	0,36 A
14.00	19,25 V	13,2 V	0,28 A
15.00	19,20 V	13,2 V	0,28 A
16.00	19,02 V	13,2 V	0,29 A

Dari Tabel 1 dapat dilihat pengujian rata-rata *solar cell* selama 7 hari. *Solar cell* dapat bekerja secara maksimal pada pukul 12.00 dengan menghasilkan tegangan sebesar 19,45 volt dan arus *solar cell* sebesar 0,56 ampere. Dengan tegangan dan arus yang telah diketahui maka daya yang dihasilkan dari *solar cell* pada pukul 12.00 yaitu sebesar 10,89 watt. Untuk tegangan *output buck-boost converter* sama dari setiap jamnya yaitu sebesar 13,2 volt.

Sedangkan untuk mengetahui hasil keluaran pembangkit listrik tenaga bayu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Jam	Tegangan Generator DC (V)	Tegangan Output Buck-Boost Converter (V)	Arus Generator DC (I)	Kecepatan Angin (m/s)
08.00	1 - 3	13,2 V	0,05 - 0,15 A	1-2
09.00	1 - 4	13,2 V	0,05 - 0,20 A	1-3
10.00	1 - 4	13,2 V	0,05 - 0,20 A	1-3
11.00	3 - 4	13,2 V	0,20 - 0,35 A	2-3
12.00	4 - 5	13,2 V	0,30 - 0,40 A	3-4
13.00	5 - 6	13,2 V	0,40 - 0,50 A	4-5
14.00	5 - 7	13,2 V	0,40 - 0,60 A	4-6
15.00	1 - 4	13,2 V	0,05 - 0,20 A	1-3
16.00	1 - 4	13,2 V	0,05 - 0,20 A	1-3
Rata-Rata	3,5 V	13,2 V	0,25	3

Dari Tabel 2 dapat dilihat pengujian rata –rata pembangkit listrik tenaga bayu selama 7 hari. Pembangkit listrik tenaga bayu dapat bekerja secara maksimal pada pukul 14.00 dengan menghasilkan tegangan sebesar 5 sampai 7 volt , arus sebesar 0,40 sampai 0,60 ampere, dan kecepatan angin sebesar 4 sampai 6 m/s. Untuk tegangan *output buck-boost converter* sama dari setiap jamnya yaitu sebesar 13,2 volt. Jadi dari Tabel 2 dapat diketahui rata-rata tegangan generator DC yaitu 3,5 volt, arus generator DC 0,25 ampere, dan kecepatan angin sebesar 3 m/s.

Pengujian Pemakaian Beban

Pengujian ini merupakan pengujian pemakaian beban. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan serta arus pada aki. Pengujian ini menggunakan alat ukur avo meter dan sensor modul INA219 yang nantinya akan dibandingkan dan mengetahui *error* antara modul INA219 dengan avo meter. Pengambilan data dilakukan selama 12 jam yaitu dimulai pada pukul 18.00 dan berakhir pada pukul 06.00. Untuk mengetahui hasil dari pengambilan data pengujian pemakaian beban dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Pada Pemakaian Beban

Jam	Alat Ukur Avo Meter	Modul INA219	Error (%)
18.00	12,10 V	12,5 V	3,2
19.00	11,97 V	12,4 V	3,4
20.00	11,83 V	12,3 V	3,8
21.00	11,74 V	12,2 V	3,7
22.00	11,69 V	12,1 V	3,3
23.00	11,62 V	12,0 V	3,1
24.00	11,53 V	11,9 V	3,1
01.00	11,44 V	11,8 V	3,0
02.00	11,24 V	11,7 V	3,9
03.00	11,16 V	11,5 V	2,9
04.00	10,98 V	11,3 V	2,8
05.00	10,62 V	11,0 V	3,4
06.00	10,40 V	10,7 V	2,8
Rata-Rata	11,4 V	11,8 V	3,2

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa tegangan pada aki setiap jamnya mengalami penurunan. Untuk pembacaan dengan menggunakan alat ukur avometer dapat dilihat bahwa penurunan setiap jamnya tidak stabil sedangkan pada modul INA219 penurunan tegangan stabil yaitu turun 0,1 volt setiap jamnya. Untuk rata-rata error tegangan antara sensor modul INA219 dengan alat ukur avo meter yaitu memiliki error rata-rata sebesar 3,2 %.

Untuk mengetahui hasil pengujian arus pada pemakaian beban dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Hasil Pengujian Arus Pada Pemakaian Beban

Jam	Alat Ukur Avo Meter	Modul INA219	Error (%)
18.00	0,46 A	0,49 A	6,1
19.00	0,40 A	0,39 A	2,5
20.00	0,34 A	0,34 A	0
21.00	0,44 A	0,43 A	2,2
22.00	0,40 A	0,40 A	0
23.00	0,38 A	0,37 A	2,6
24.00	0,42 A	0,42 A	0
01.00	0,33 A	0,33 A	0
02.00	0,37 A	0,37 A	0
03.00	0,28 A	0,28 A	0
04.00	0,27 A	0,27 A	0
05.00	0,25 A	0,25 A	0
06.00	0,24 A	0,24 A	0
Rata-Rata	0,35 A	0,35 A	1

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa arus pada aki setiap jamnya mengalami penurunan. Untuk pembacaan dengan menggunakan alat ukur avometer dan sensor modul INA219 dapat dilihat bahwa penurunan setiap jamnya tidak stabil. Untuk rata-rata error arus antara sensor modul INA219 dengan alat ukur avo meter yaitu memiliki error rata-rata sebesar 1 %.

Pengujian Pengisian Aki

Pengujian ini merupakan pengujian pengisian aki. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama aki dapat terisi pada tegangan 12,40 volt. Selain mengetahui lama engisian aki juga melakukan pengukuran arus pengisian aki yang diukur menggunakan avo meter. Untuk mengetahui hasil dari pengambilan data pengujian pengisian aki dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Pengisian Aki

No	Tegangan Aki (V)	Arus (A)	Lama Pengisian (Jam)
1	10,90 V	0,52	2
2	11,40 V	0,60	2
3	11,90 V	1,20	1,5
4	12,40 V	1,15	1,5

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa pengisian aki dari tegangan 10,90 volt menuju tegangan 12.40 volt membutuhkan waktu selama 7 jam. Arus pengisian paling besar yaitu ketika aki dalam keadaan tegangan sebesar 12,40 volt.

PENUTUP

Simpulan

Hasil rancang bangun alat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu didapat rata-rata pengujian tegangan dan arus pada solar cell dan pembangkit listrik tenaga bayu, hasil pengujian pemakaian beban, dan hasil lama waktu pengisian aki. Solar cell bekerja maksimal pada pukul 12.00 dengan menghasilkan tegangan 19.45 Volt dan arus 0.56 Ampere yang dapat dilihat pada Tabel 1, Sedangkan untuk pembangkit listrik tenaga bayu bekerja secara maksimal pada pukul 14.00 dengan menghasilkan tegangan 5 sampai 7 Volt dan arus 0.4 sampai 0,6 Ampere dan kecepatan angin sebesar 4 sampai 6 m/s yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Untuk hasil pengujian lama waktu pemakaian beban dan lama pengisian aki dapat disimpulkan bahwa alat *hybrid energy solar cell* dan pembangkit listrik tenaga bayu dikatakan efektif dikarenakan lama pengisian aki lebih cepat dibandingkan dengan lama pemakaian beban.

Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan penelitian ini adalah pembahasan yang lebih spesifik terhadap *tracking solar cell* dan sebaiknya pengujian alat dilakukan pada waktu musim panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnal Effendi. 2016. “Pembangkit Listrik Sistem Hibrida Sel Surya Dengan Energi Angin”. *Journal Teknik Elektro ITP*. Vol.5.
- Daniel Alexander. 2015. “Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile”. *Journal Seminar Nasional Informatika UPN “veteran” Yogyakarta*. Vol.1. Hal. 78-79.
- Faiz, Muhammad. 2016. *Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid*, (Online), (www.plnpekalongan.com, Diakses pada tanggal 1 maret 2018).
- Fahmi, Muhammad. 2017 “Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik”. *Journal of Politeknik Negeri Malang*. Vol.1. Hal. 2.
- Habibi, Muhammad. 2013. “Analisis Perbandingan Ekonomis dan Elektris Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Homer Di PLTH Bantul Yogyakarta”. *Journal Universitas Jember*. Vol.1. Hal. 5-6.
- Muchlis. 2003. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sampai dengan 2020. Laporan Penelitian, Proyeksi Listrik Indonesia, 2003.
- Pudjasarna. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Andi.
- Rina Irawati. 2012. “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Untuk Pemenuhan Kebutuhan Energi

Listrik Di Pulau Pramuka”. *Journal Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*. Vol.11

Sigit Nurharsanto. 2017. “Sun Tracking Otomatis Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)”. *Journal of FTEKNIK*. Vol. 4.