

# Implementasi Sistem Kontrol Manajemen Energi Hibrid Berbasis Mikrokontroler

**Fithri Muliawati**

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Ibn  
Khaldun Bogor, Indonesia  
fithri.muliawati@ft.uika-bogor.ac.id

**Sarah Chairul Annisa**

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Ibn  
Khaldun Bogor, Indonesia  
SarahChairulAnnisa@ft.uika-bogor.ac.id

**Slamet Riyadi**

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Ibn  
Khaldun Bogor, Indonesia  
slametriyadi@ft.uika-bogor.ac.id

**Yuggo Afrianto**

Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Ibn  
Khaldun Bogor, Indonesia  
yuggoafrianto@ft.uika-bogor.ac.id

**Novita Br Ginting**

Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Ibn  
Khaldun Bogor, Indonesia  
novita@ft.uika-bogor.ac.id

**Abstract** – Currently, world researchers are competing to find the most effective and efficient way to use renewable energy sources, namely energy from sunlight and solar and wind heat or it can be called hybrid energy. The use of this hybrid energy technology can certainly save conventional fuel and reduce the risk of ecosystem damage caused. This study aims to see the energy value resulting from the implementation of a hybrid energy management control system that has been created based on a microcontroller. With the experimental method, the results were obtained that the solar cell voltage value was highest at 11 pm with 28.87 Vdc, then for the voltage of the wind energy was the highest at 27.85 at the 3rd minute at 4 pm. For energy testing of batteries, the results were obtained that if there is only one energy source to charge the battery, it takes 9 hours while if it is a hybrid energy source, it only takes 2.5 hours. This proves that hybrid energy is very effective rather than relying solely on one of the energy sources.

**Keywords** -- Hybrid Energy, Renewable Energy, Microcontroller, Control System



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

## I. PENDAHULUAN

Saat ini listrik sudah menjadi suatu kebutuhan bagi berlangsungnya aktivitas manusia. Hampir semua alat yang manusia gunakan membutuhkan aliran listrik, mulai dari lampu penerangan, memanaskan setrika, mengisi daya handphone, menonton televisi, dll. Namun sumber daya pembangkit listrik yang konvensional digunakan seperti minyak bumi tentunya sudah semakin berkurang hasil alamnya [1], dan para peneliti berusaha untuk menemukan sumber energi

terbarukan yang lebih efisien, efektif, ekonomis, serta tidak akan habis [2].

Sumber energi terbarukan seperti energi sinar serta panas matahari (surya) dan angin adalah salah satu contoh energi yang tidak akan ada habisnya [1][3][4]. Selain itu kedua energi tersebut sangat baik untuk lingkungan, karena disamping lebih ekonomis, energi yang terdapat dari alam tersebut tidak akan merusak ekosistem bumi [2]. Dengan ini diharapkan di masa yang akan datang, kedua energi tersebut dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk segala aktivitas manusia. Walaupun energi surya dan angin banyak sisi positifnya, namun ada juga negatifnya yaitu sama-sama bergantung pada cuaca, musim, dan waktu. Energi surya ada ketika cuaca cerah dan terik sedangkan energi angin ada pada saat yang tidak dapat ditentukan, ini menjadikan alasan bahwa sumber-sumber energi tersebut harus digabungkan untuk menjadi pembangkit listrik yang lebih optimal [4]. Sehingga energi hibrid ini dapat efektif serta efisien untuk mengatasi kekurangan tersebut [5].

Pembangkit energi listrik dari beberapa sumber energi tujuannya juga untuk menghasilkan energi yang optimal, menghasilkan kualitas daya yang bagus, harga yang minim, serta energi yang saling menyokong satu sama lainnya [2][6][7]. Dengan Perkembangan teknologi energi hibrid ini tentu akan membantu dunia agar bisa menghemat bahan bakar konvensional dan mengurangi resiko kerusakan ekosistem yang ditimbulkan [8].

Beberapa peneliti sudah banyak yang mencoba untuk merancang bangun dan mengimplementasikan hasil dari rancangan energi hibridnya seperti penelitian dari Arnold Rondonuwu dkk dimana hasil

hipotesis penelitiannya adalah semakin banyak komponen renewable yang tersedia maka nilai availability energi yang didapatkan semakin besar pula. Namun hal tersebut tidak ekonomis karena harga komponen renewable yang semakin besar. Oleh sebab itu penelitian tersebut masih perlu mencari jumlah ideal dari komponen - komponen yang diimplementasikan untuk menghasilkan energi yang paling efisien [1]. Berbeda dengan Aulia Randy dan Achmad Imam dalam penelitiannya dilakukan dengan metode eksperimen. Hasilnya berupa kisaran angka energi yang dihasilkan, yaitu sumber energi solar cell menghasilkan tegangan sebesar 19,45 volt pada jam 12 siang dan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) menghasilkan tegangan sebesar 5-7 volt pada jam 2 siang [9]. Energi yang dihasilkan ini masih belum sesuai dengan kebutuhan pasokan listrik ditempat eksperimen.

Kemudian penelitian yang dilakukan Johnny dan Jefri telah menghasilkan pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu vertikal yang dapat membangkitkan generator listrik secara permanen. Hasil tegangannya dapat mencapai 6,4 volt AC. Dan daya dari panel surya menghasilkan 491 watt [10]. Penelitian tersebut telah menghasilkan daya yang cukup besar namun harga komponen yang digunakan untuk pembangkit masih cukup mahal.

Penelitian Diana, Galih, dkk menghasilkan pembuktian bahwa penggunaan pembangkit energi hibrid lebih baik dibanding penggunaan pembangkit energi angin maupun energi surya yang digunakan secara terpisah, karena dari hasil pengujian pada beban yang digunakan bahwa nilai efisien paling tinggi ada pada beban 33 Watt kecepatan 2,5 m/s sebesar 78,39 %. Sedangkan efisiensi terendah ada pada beban 15 Watt kecepatan 5 m/s sebesar 11,27%. Dari hasil penelitian tersebut ini menunjukkan bahwa besarnya nilai efisiensi tergantung pada besar beban [7]. Namun pada penelitian ini, pembangkit hibrid yang telah dibuat perlu adanya pengembangan lebih lanjut agar kapasitas dari turbin dan panel surya dapat lebih cepat dalam hal pengisian daya ke aki.

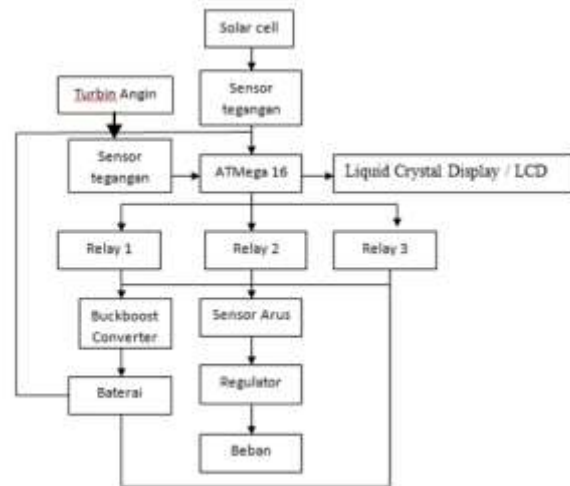
Untuk hasil penelitian Agus Sukandir, Emir, dkk dikatakan bahwa perubahan tegangan pada pembangkit tenaga angin tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap besar daya input. Kemudian untuk besar tegangan dari pembangkit tenaga hibrid tidak mempengaruhi arus. Dan untuk pengujian tenaga hibrid mendapatkan nilai efisiensi sebesar 75%, sedangkan pada pembangkit tenaga anginnya 67,3% dan untuk pembangkit surya sebesar 74%. Sehingga hipotesis yang dihasilkan maka nilai arus akan kecil jika nilai input tegangannya besar [11]. Namun nilai efisiensi rata-rata dari keseluruhan kontroler yang digunakan pada penelitian ini masih belum 100%.

Dengan adanya permasalahan diatas dan beberapa penelitian yang masih harus dikembangkan maka mendorong penulis untuk mengangkat judul "Implementasi Sistem Kontrol Manajemen Energi Hibrid berbasis Mikrokontroler". Yang dimana

penelitian ini bertujuan untuk melihat nilai energi yang dihasilkan dari implementasi sistem kontrol energi hibrid yang telah dibuat berbasis mikrokontroler ATMEGA-16 untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik di wilayah peneliti.

## II. METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana alat sistem kontrol manajemen energi hibrid yang telah selesai dirancang akan dilakukan pengujian di beberapa kondisi untuk mengetahui apakah alat tersebut relevan dengan tujuannya atau tidak.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 diagram blok sistem dari alat sistem kontrol manajemen energi yang telah dirancang terlihat bahwa energi surya dan angin akan menghasilkan daya yang kemudian dialirkan ke sensor tegangan agar dapat melihat nilai dayanya yang dihasilkan sebelum dialirkan ke bagian-bagian lainnya dari sistem.

### A. Sistem Kontrol Manajemen Energi Dengan Beban

Salah satu sumber energi yang nilai tegangannya paling besar akan memasok listrik yang dibutuhkan beban, sementara sumber energi lainnya yang tidak terpakai beban akan tetap mengisi daya baterai.

### B. Sistem Kontrol Manajemen Energi Tanpa Beban

Sumber-sumber energi tersebut akan otomatis mengisi daya baterai kembali jika tidak terdapat beban. Untuk nilai tegangan dari energi surya dan angin yang telah dihasilkan akan dikirimkan ke mikrokontroler ATMEGA 16 untuk ditampilkan pada Liquid Crystal Display.

### C. Sistem Kontrol Manajemen Energi Ketika Ada Drop Tegangan

Apabila tegangan yang besar tidak dapat memenuhi kebutuhan beban maka secara otomatis sumber energi lainnya akan digabungkan dan turut menyuplai kebutuhan beban. Namun jika hasil tegangan dari gabungan sumber - sumber energi masih tidak terpenuhi maka baterai akan ikut menyuplai beban.

III. SPESIFIKASI DAN IMPLEMENTASI

Pada bagian spesifikasi dan implementasi ini akan menjelaskan mengenai beberapa spesifikasi alat yang digunakan untuk eksperimen, diantaranya adalah solar cell, turbin, dan baterai. Kemudian hasil dari implementasi sistem kontrol yang akan dituangkan dalam bentuk grafik.

A. Spesifikasi Solar Cell

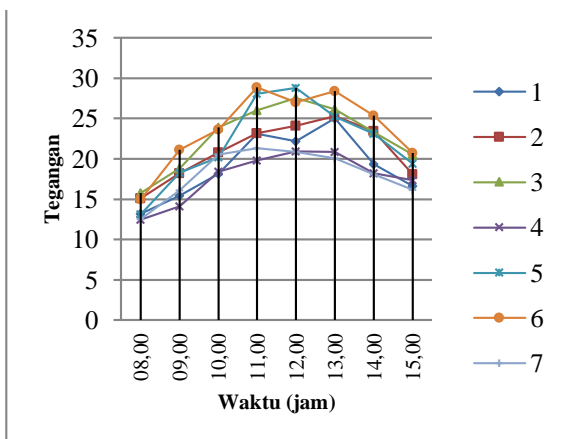
Solar cell yang akan digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Solar Cell	
Spesifikasi solar cell yang digunakan	
Tegangan Max (Vmp):	17
Daya Max (Wp):	50Wp
Model:	SP-50-P36
Arus Max (Imp):	2.85A
Jenis Kristal:	Polikristalin Silikon
Jumlah Cell:	36
Berat:	4Kg
Arus Hubungan Singkat (Isc):	3.04A
Dimensi:	700 x 510 x 30mm
Tegangan Sirkuit Terbuka (Voc):	22.5V

B. Tegangan Pada Solar Cell

Untuk mengetahui tegangan pada solar cell maka dilakukan eksperimen pengukuran. Kegiatan ini dilakukan selama 1 minggu, dimulai pada hari kamis 1 Juli 2021 – Rabu 7 Juli 2021 pukul 08.00 – 16.00. Berikut hasil pengukurannya yang ditunjukkan pada tabel 2

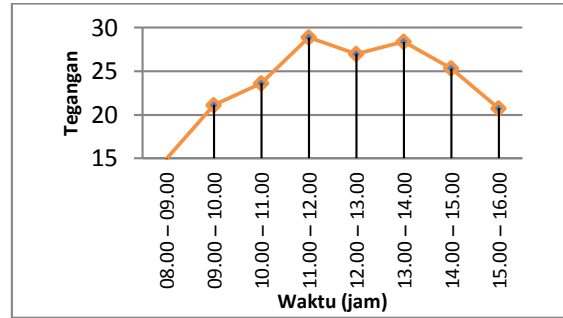
Tabel 2 nilai tegangan pada solar cell							
Jam	Nilai tegangan pada hari ke:						
	1	2	3	4	5	6	7
08.00	13.2	15.1	15.7	12.4	13.1	14.9	12.5
09.00	15.4	18.2	18.8	14.1	18.2	21.1	16.1
10.00	18.1	20.7	23.9	18.4	20.2	23.6	20.5
11.00	23.1	23.1	26.0	19.7	28	28.8	21.3
12.00	22.1	24.1	27.5	20.9	28.7	27	20.8
13.00	25	25.2	26.1	20.8	25.2	28.3	20
14.00	19.3	23.4	23.3	18.2	23.1	25.3	18.1
15.00	16.6	18.1	20.5	17.3	19.4	20.7	16.1



Gambar 2. Grafik Tegangan Solar Cell Secara Keseluruhan

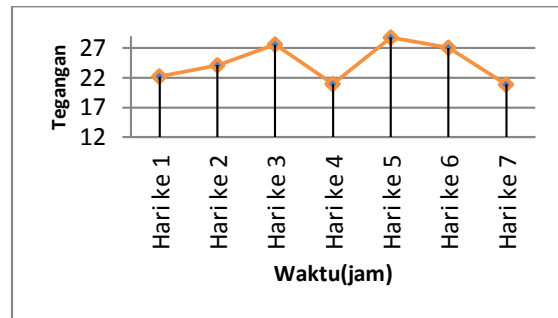
Berdasarkan tabel 2 diatas, nilai tegangan yang paling tinggi dihasilkan pada hari ke 6 pada pukul 11.00 - 12.00 yaitu sebesar 28.87 Vdc, hal ini menjadikan nilai tegangan solar cell yang diperoleh

pada penelitian ini lebih besar 32% dibandingkan dari penelitian terdahulu [9]. Nilai rata-rata tegangan paling tinggi pun dihasilkan pada hari ke 6 dengan nilai rata – rata 23.75 Vdc seperti yang dapat kita lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai Tegangan Pada Hari Ke 6

Kemudian dapat dilihat pada Gambar 4 jika berdasarkan waktu, rata-rata hasil nilai tegangan yang paling tinggi adalah ketika pukul 12.00 sebesar 24.48 Vdc



Gambar 4. Grafik Keseluruhan Nilai Tegangan Pada Pukul 12.00

C. Spesifikasi Turbin Angin

Spesifikasi turbin angin yang di gunakan dalam sistem kontrol manajemen energi hibrid ini yaitu :

Tabel 3 Spesifikasi Turbin Angin	
Spesifikasi turbin angin yang digunakan	
Arus Keluaran (Io):	0,5 Ampere
Tegangan Keluaran (Vo):	28 Volt
Jumlah Sudu:	6 sudu
Daya Maks P:	12 Watt
RPM Maks:	450

D. Tegangan Pada Turbin Angin

Untuk mengukur tegangan pada turbin angin dilakukan dengan cara menyambungkan motor penggerak dengan generator. Eksperimen ini dilakukan 5 menit pada pukul 16.00 sore. Dan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Turbin Angin		
Menit ke	Tegangan (Volt)	Kec. Generator (RPM)
1	27.77	300
2	26.89	298
3	27.85	300
4	26.36	295
5	27.14	300

E. Tegangan Keluaran Pada Beban

Tegangan keluaran pada beban dikondisikan menjadi 4 bagian yaitu untuk mengisi daya lampu, pemanas air portable mug, kipas angin mini, dan rice cooker mini portable dengan besaran tegangan masing-masing 12 V.

Tabel 5 Hasil tegangan keluaran

Beban	V (volt)	I (Ampere)	Watt
Lampu	12	0.4	5
Pemanas Air Portable Mug	12	10	120
Kipas Angin Mini Portable	12	0.35	4.2
Rice cooker mini portable	12	9.1	110

Dari tabel 5 dapat disimpulkan bahwa rice cooker mini portable mengkonsumsi daya yang paling tinggi diantara beban lainnya dan percobaan pengukuran ini dilakukan selama 5 menit, yaitu mengkonsumsi daya sebesar 110 Watt. Kemudian untuk konsumsi daya yang paling rendah adalah beban kipas angin mini portable sebesar 4.2 Watt.

F. Spesifikasi baterai

Spesifikasi baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Spesifikasi baterai

Spesifikasi Baterai
12V - 4.5Ah/20HR
Constant Voltage Charger 25C
Type : Standby use, cycle use
Voltage Regulations :
13.50-13.60 V (standby use) 14.40-14.70 V (cycle use)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian hasil dan pembahasan ini, alat sistem kontrol manajemen energi hibrid akan diterapkan untuk pengisian baterai serta akan menghitung penggunaan baterai terhadap beban ketika tidak mendapatkan sumber energi dengan menggunakan rumus persamaan 1 & 2 yang sama pada penelitian Susanti dan tim [8]:

D. Hasil Pengujian Dengan Satu Sumber Energi Untuk Pengisian Baterai

$$Ta = C / I \tag{1}$$

Keterangan:

Ta = Lama Pengisian (Hour)

C = kapasitas baterai ( AH / Ampere Hour)

I = arus pengisian ke baterai (Ampere)

$$Ta = \frac{4,5 AH}{0.5}$$

$$Ta = 9 H$$

Ketika sumber energi hibrid (*solar cell* dan angin) melakukan pengisian baterai dengan kondisi arus 0,5 ampere dari turbin ditambah dengan arus 1,3 Ampere dari solarcell sehingga arus keseluruhan 1,8 A

$$Ta = \frac{C}{I} \quad Ta = \frac{(4,5 AH)}{1.8} \quad Ta = 2.5 H$$

Berdasarkan dari hasil analisis tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 9 jam adalah waktu yang dibutuhkan ketika ingin melakukan pengisian baterai hingga full dengan satu sumber energi dan waktu 2.5 jam adalah waktu yang dibutuhkan ketika ingin melakukan pengisian baterai hingga full dengan sumber energi hibrid. Ini membuktikan bahwa sistem energi hibrid dapat menyalurkan listrik dengan lebih baik dan cepat daripada mengandalkan satu energi.

E. Pengujian Baterai Ketika Tidak Mendapatkan Sumber Energi

Pada bagian ini, akan dilakukan pengujian serta analisis baterai terhadap beban yang ada pada tabel 7 dengan kondisi tidak ada sumber energi lain nya selain baterai menggunakan persamaan (2).

$$I \text{ (Arus)} = \frac{P \text{ (Daya)}}{V \text{ (Tegangan Baterai)}} \tag{2}$$

Tabel 7. Analisis baterai terhadap beban

Analisis baterai terhadap:	Analisis baterai terhadap (Ampere)	Waktu pemakaian dari baterai (Hour)	Efisiensi baterai 20% (Hour)	Total maksimal pemakaian baterai (Hour)
Lampu Pemanas Air Portable Mug Kipas Angin Mini Portable	0.41	10.4	2.08	8.32
Rice cooker mini portable	10	0.45	0.09	0.36
	0.35	12.8	2.56	10.24
	9.1	0.49	0.1	0.48

Dengan beban watt yang tinggi seperti rice cooker dan pemanas air portable, baterai tetap mampu mensuplai daya nya terhadap kedua beban tersebut dengan catatan bahwa lama pemakaian pasti disesuaikan dengan kemampuan daya suplai, sehingga jika baterai digunakan untuk menyalakan rice cooker dan pemanas air maka hanya dapat menggunakan baterai kurang dari 1 jam.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian dari Implementasi Sistem Kontrol Manajemen Energi Hibrid berbasis Mikrokontroler ini didapatkan rata-rata tegangan yang dihasilkan baik dari energi *solar cell*, energi angin, maupun energi hibrid. *Solar cell* mendapatkan tegangan yang paling tinggi ketika pukul 11 siang dengan tegangan 28.87 Vdc, kemudian untuk energi angin mendapatkan tegangan yang paling tinggi pada menit ke 3 di pukul 4 sore dengan tegangan sebesar 27.85 Vdc. Kemudian untuk hasil pengujian dan analisis energi terhadap baterai maka didapatkan hasil jika hanya terdapat salah satu sumber energi antara *solar cell* atau angin untuk melakukan *charge* pada baterai maka membutuhkan waktu 9 jam sedangkan jika dengan sumber energi hibrid maka hanya memerlukan waktu 2.5 jam. Hal ini membuktikan bahwa energi hibrid sangat efektif dalam pengisian daya daripada hanya bergantung pada salah satu sumber energi. Untuk hasil pengujian serta analisis baterai terhadap beban ketika tidak ada sumber energi lainnya, maka didapatkan bahwa pemakaian baterai dengan lampu bisa selama 8 jam dengan efisiensi baterai kurang lebih 2 jam, lalu pemakaian baterai

terhadap pemanas air dapat digunakan selama 21 menit dengan efisiensi baterai 5 menit, untuk pemakaian baterai terhadap kipas angin sebesar 10 jam dengan efisiensi baterai 2.56 jam, dan pemakaian baterai terhadap mini rice cooker portable 28 menit dengan efisiensi baterai sebesar 6 menit.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Wauran, A. Rondonuwu, W. Pomantow, T. Pangemanan, and V. Lumentut. "Manajemen Energi Hybrid Power System Menggunakan Panel Surya Dan Turbin Angin", *Sentrinov*, vol. 6, no. 1, pp. 96-103, Nov. 2020.
- [2] S. Riyadi, F. Muliawati, Muhidin. "Prototipe Sistem Kontrol Otomatis Pada Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Angin Dan Tenaga Surya Berbasis Atmega 16", *Seminar Nasional Microwave, Antena dan Propagasi (SMAP)*, Universitas Pakuan, 2018.
- [3] K. Yadav and S. Maurya, "Fuzzy Control Implementation for Energy Management in Hybrid Electric Vehicle", *International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCCI50826.2021.9402397.
- [4] A. Rajendra, J. Zhang and A. Nasiri, "Optimal Variable Load Scheduling for Hybrid Energy Systems", *2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2019, pp. 6717-6721, doi: 10.1109/ECCE.2019.8912783.
- [5] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif", *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 2018, 18(01), 10-14. <https://doi.org/10.23917/Emitor.V18i01.6251>
- [6] R. Ridwan dan A. Latief. "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Terhadap Distribusi Kecepatan Dan Tekanan". *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 2019 vol. 24, no. 2.
- [7] D. Hidayanti, G. Dewangga, P. Yoreniko, I. Sarita, F. G. Sumarno, W. Purwati, "Rancang Bangun Pembangkit Hibrid Tenaga Angin Dan Surya Dengan Penggerak Otomatis Pada Panel Surya," *EKSERGI Jurnal Teknik Energi Vol 15 No. 3 September 2019*; 93-101.
- [8] I. Susanti, Rumiasih, Carlos, dan A. Firmansyah. "Analisa Penentuan Kapasitas Baterai Dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik". *ELEKTRA*. 2019, 4(2), 29-37.
- [9] A. Randy Permadi dan A. Imam Agung. "Rancang Bangun Hybrid Energy Solar Cell Dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Berbasis Microcontroller", *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 9, No. 1, Jul. 2019.
- [10] J. Custer dan J. Lianda, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Hibrid Angin Dan Surya di Pulau Bengkalis", *Jurnal PROtek Vol. 05 No. 2, September 2018*.
- [11] A. Sukandi, E. Ridwan, D. Andini, H. Naufal Gifari, I. Irawan, dan M. Fikri Iriansyah, "Rancang Bangun Kontroler Pembangkit Listrik Hibrid Angin Dan Surya Berbasis Arduino", *2020 Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 2020, p62-p72..