

Desain dan Implementasi Sistem Pelacak Cahaya Matahari *Dual Axis* pada *Solar Cell* Menggunakan Arduino Mega 2560

Fauzia Haz, Rendi Marselindo, dan Yuda Bakti Zainal

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

fauziahaz66@gmail.com, rendymarselindo@gmail.com, yudazainal@gmail.com

Abstrak

Dalam upaya peningkatan konversi energi listrik, pelacak matahari memainkan peran dalam menghasilkan listrik. Pelacak matahari berguna melacak matahari dan memusatkan sinar matahari secara maksimum ke modul photovoltaic (PV) untuk menghasilkan listrik. Pelacak matahari yang digunakan bisa menghasilkan listrik lebih dari jumlah listrik yang dihasilkan dari modul *photovoltaic* yang diam atau tanpa pelacak matahari. Sistem pelacak cahaya matahari pada *solar cell* sangat diperlukan untuk pengoptimalan konversi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan konversi energi matahari yang diterima oleh modul photovoltaic, merancang, membuat monitor PLTS pada lampu penerangan jalan menggunakan berbagai sensor yaitu cahaya, tegangan dan arus, menampilkan hasil pengukuran dalam LCD, HP android dan website dengan menggunakan *webservice thingspeaks* (IoT), menyimpan hasil pengukuran ke dalam kartu memori dengan modul *SD Card* untuk *offline* dan menggunakan *webservice thingspeak* untuk *online*. Desain dan implementasi sistem pelacak cahaya matahari *dual axis* pada *solar cell* untuk mengoptimasi konversi energi menggunakan arduino mega 2560 dengan *datalogger offline* dan *online* kemudian dilakukan pengujian perbandingan tegangan, arus, daya solar cell. Hasil desain sistem pelacak cahaya matahari *dual axis* pada solar cell menggunakan arduino mega 2560 menunjukkan perbedaan *error* pembacaan sensor senilai 6% dengan selisih tertinggi 2.34V, untuk perbandingan arus terdapat perbedaan nilai 53% dengan selisih tertinggi 0.21A dan perbandingan daya diperoleh perbedaan nilai 55.92% dengan selisih tertinggi 2.8VA.

Kata kunci: Arduino Mega 2560, optimasi energi surya, pelacak matahari *dual axis*

Abstract

To increase the conversion of electrical energy, solar trackers play a role in generating electricity. The solar tracker is used to track the sun and concentrating the sun's rays to the maximum in the photovoltaic (PV) module to produce electricity. The used of solar tracker is able to produce more electricity than the amount of electricity produced from idle photovoltaic modules or without the solar tracker. Sunlight tracking systems on solar cells are needed to optimize the conversion of electrical energy. This research aims to optimize the conversion of solar energy received by the photovoltaic module, design, create solar power system monitors on street lighting using various sensors such as light, voltage and current, display measurement results on LCD, Android mobile phones and websites using the thingspeaks webservice (IoT), save the measurements to a memory card with the SD Card module for offline and use the thingspeak webservice to go online. Design and implementation of dual axis solar light tracking systems on solar cells to optimize energy conversion using Arduino Mega 2560 with offline and online dataloggers then testing the voltage, current and solar cell power comparisons. The results of the design of dual axis solar light tracking systems on solar cells using Arduino Mega 2560 show differences in sensor readings errors of 6% with the highest difference of 2.34V, for current comparison there is a difference of 53% with the highest difference of 0.21A and the power ratio obtained a difference of 55.92% with the highest difference of 2.8VA.

Keywords: Arduino Mega 2560, solar energy optimization, dual axis solar tracker

1. Pendahuluan

Permintaan listrik yang meningkat dari tahun ke tahun. Ketergantungan pada penggunaan bahan bakar fosil saat ini dihadapkan pada tantangan dalam permintaan dan pertimbangan lingkungan. Teknologi energi surya adalah salah satu sumber pasokan energi masa depan yang menjanjikan karena bersih dan sangat berlimpah. Energi matahari dapat diubah menjadi listrik melalui sel surya atau yang lebih dikenal dengan *photovoltaic*.

Photovoltaic adalah suatu sistem untuk mengubah radiasi atau cahaya matahari menjadi listrik. Sistem *photovoltaic* bekerja berdasarkan efek *photovoltaic*. Efisiensi konversi energi matahari ini sangat penting. Yang mempengaruhi ke efektifan konversi energi ini paparan matahari tepat diatas modul *photovoltaic*.

Dalam upaya peningkatan konversi energi listrik, pelacak matahari memainkan peran dalam menghasilkan listrik. Pelacak matahari melacak matahari dan memusatkan sinar matahari maksimum ke modul *photovoltaic* (PV) untuk menghasilkan listrik. Pelacak matahari yang digunakan dapat menghasilkan listrik lebih dari jumlah listrik yang dihasilkan dari modul *photovoltaic* yang diam atau tanpa pelacak matahari.

Merujuk pada penelitian sebelumnya dengan judul "solar tracking system berbasis arduino uno" oleh khalid faddullah pada tahun 2017 hanya berfokus pada pergerakan *solar cell*, tidak diketahui tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh *solar cell* menggunakan sistem monitoring tegangan, arus dan

Info Makalah:

Dikirim : 11-09-2019;

Revisi 1 : 27-10-2019

Revisi 2 : 05-02-2020

Diterima : 06-02-2020

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-85255908299

e-mail : fauziahaz66@gmail.com

daya baik *offline* maupun *online* (fadhlullah, 2017). Untuk selalu mendapatkan efisiensi yang maksimum, maka posisi panel surya harus selalu mengikuti pergerakan matahari. Posisi panel surya terhadap matahari sebagai referensi secara otomatis harus dikontrol dengan suatu sistem peralatan penggerak posisi panel surya (Noer Soedjarwanto, 2015)

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan konversi energi matahari yang diterima oleh modul *photovoltaic*, merancang, membuat monitor PLTS pada lampu penerangan jalan menggunakan berbagai sensor yaitu cahaya, tegangan dan arus, menampilkan hasil pengukuran dalam LCD, HP android dan *website* dengan menggunakan *webservice thingspeak* (IoT). *Internet of Things* (IoT) dapat digunakan sebagai solusi dalam hal pengawasan, keamanan juga penindakan. metode ini dalam pelaksanaannya melakukan pemasangan suatu chip yang berisi data (Arthur Daniel Limantara, 2017), menyimpan hasil pengukuran ke dalam kartu memori dengan modul SD Card untuk *offline* dan menggunakan *webservice thingspeak* untuk *online*.

2. Metode

Perancangan dan pembuatan alat sistem pelacak cahaya matahari pada *solar cell* (*solar tracking*) dengan *interface offline* menggunakan LCD dan *interface online* menggunakan *webservice thingspeak* sehingga memudahkan pengguna untuk melihat kondisi kondisi seperti tegangan, arus dan daya. Pada perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat perangkat keras (*hardware*), dan perangkat lunak (*software*). Perancangan dan pembuatan rangkaian pada arduino mega 2560 dengan berbagai sensor-sensor

Proses tahapan penelitian dan pembuatan alat desain sistem pelacak cahaya matahari *dual axis* pada *solar cell* untuk mengoptimasi konversi energi listrik dengan membuat desain sistem mikrokontroler, membuat konfigurasi sistem mikrokontroler dengan sensor-sensor seperti sensor arus ACS712 05B, tegangan 25V, cahaya LDR, I2C LCD, modul SD card, modul waktu RTC DS3231 dan modul internet ESP8266. Membuat *interface online* menggunakan *webservice thingspeak* dan *offline* menggunakan modul SD Card. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino mega 2560.

Solar cell adalah sebuah alat yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik, baik tegangan maupun arus. Sistem kontrol adalah alat yang mengontrol sebuah gerak *solar cell* yang gerakannya mengikuti arah cahaya matahari. Sistem kontrol juga menampilkan dan menyimpan besaran listrik tegangan, arus dan daya *offline* maupun *online*. *Charge controller* adalah sebuah alat yang mengatur pengisian sebuah baterai yang sumbernya dari *solar cell*. *Charge controller* bisa menurunkan (*stepdown*) maupun menaikkan (*stepup*) tegangan dan mengatur arus pengisian baterai. Baterai adalah tempat penyimpanan energi listrik yang akan digunakan pada saat tidak ada cahaya matahari ataupun pada malam hari. Beban di sini adalah sebuah lampu yang digunakan untuk penerangan malam hari.

Sensor input berupa 4 buah sensor cahaya (LDR) untuk mendeteksi cahaya matahari. Sensor arus (ACS712 05B) untuk mengukur besaran arus dari *solar cell* menuju *charge controller*. Sensor tegangan 0-25V untuk mengukur besaran tegangan yang dihasilkan *solar cell*. RTC menggunakan tipe DS3231 yang berfungsi sebagai pewaktu digital disertai dengan baterai untuk *backup* waktu pada saat tidak ada sumber listrik. *Interface offline* menggunakan LCD 16x2 yang disertai modul I2C yang menampilkan data-data sistem. *Interface online* menggunakan modul ESP8266 yang mengirimkan datanya ke *web server thingspeak* kemudian mambagikan ke aplikasi android dan *website*. *Datalogger offline* menggunakan modul SD card untuk menyimpan data-data sistem secara *offline* dan *Datalogger online* menggunakan *webservice thingspeak* untuk menyimpan data-data sistem secara *online*. *Output* berupa motor *servo* sebagai penggerak *solar cell* untuk mengarahkannya ke arah cahaya matahari dan *relay* 5V sebagai sakelar beban/lampu.

Diagram alir pada Gambar 1 menguraikan langkah-langkah proses kerja sistem, dimulai dari membaca sensor 4 LDR yang berfungsi untuk pergerakan motor servo. Jika rata-rata LDR atas kuang dari bawah maka servo vertikal bernilai 1 atau bergerak searah jarum jam begitu juga sebaliknya dan jika nilai LDR kanan lebih besar dari LDR kiri maka servo motor bernilai -1 atau bergerak berlawanan arah jarum jam. Pada pembacaan sensor tegangan, jika tegangan kurang dari 9V, maka alarm *undervoltage*. Jika sensor tegangan membaca lebih dari 15V, maka alarm *overvoltage*. Pada pembacaan sensor arus, jika arus lebih dari 4A, maka indikator alarm *overcurrent*. Dari sensor tegangan dan sensor arus didapatkan nilai daya dari perkalian antara arus dan tegangan. Nilai tegangan, arus dan daya ditampilkan dan disimpan baik *online* menggunakan *webservice thingspeak* dan *offline* menggunakan LCD kartu memori.

Menghitung selisih *error* tertinggi dalam persen :

$$Error(\%) = \frac{N_{sp} - N_s}{N_{sp}} \times 100 \quad (1)$$

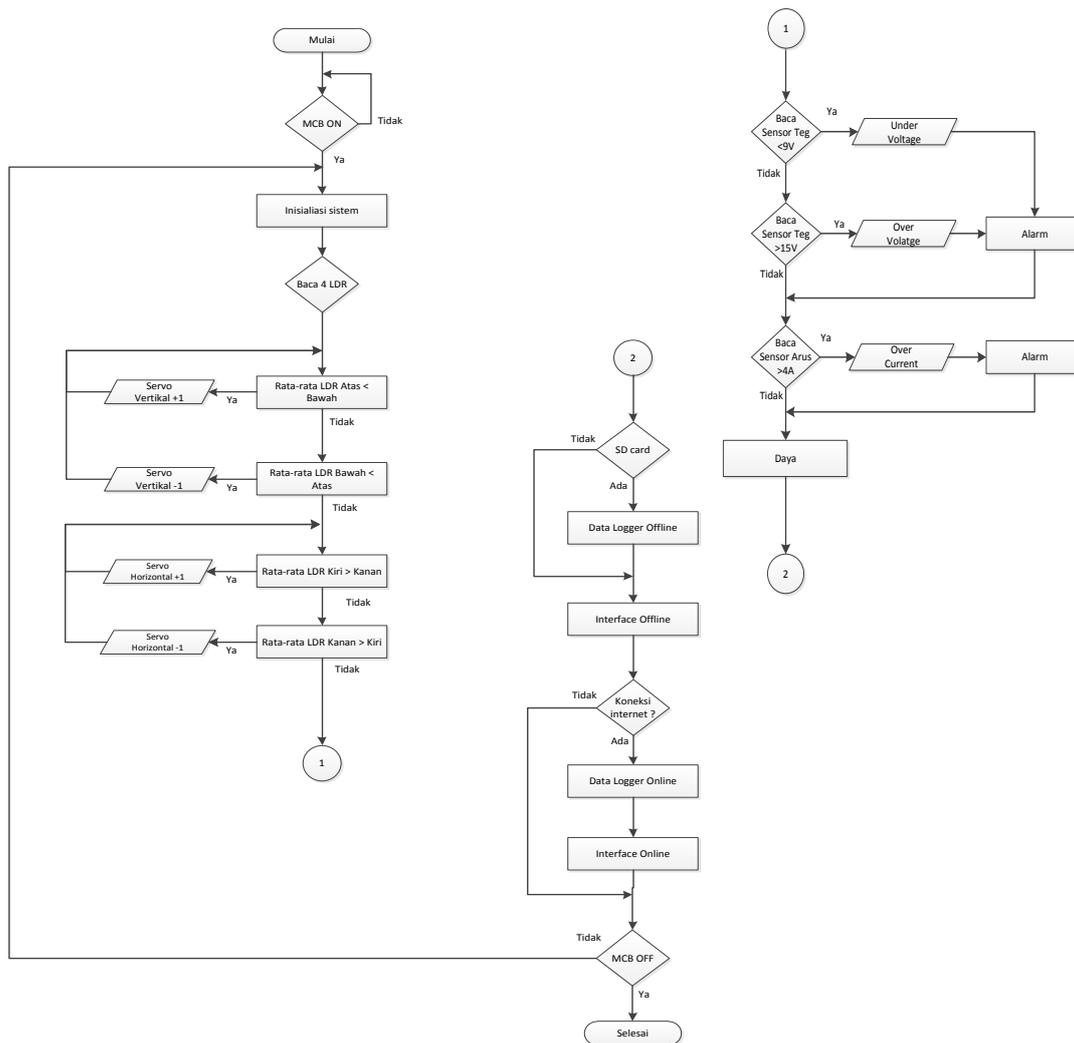
Menghitung rata-rata *error* dalam persen :

$$Error\ AVG(\%) = \frac{\sum Error\%}{\sum n} \quad (2)$$

Menghitung selisih rata-rata dalam persen :

$$Selisih\ AVG(\%) = \frac{N_{AVGs} - N_{AVGs}}{N_{AVGs}} \times 100 \quad (3)$$

N_{sp} adalah Nilai Suplai, N_s adalah nilai nilai sistem, N_{AVGs} adalah Nilai AVG sistem, N_{AVGts} adalah Nilai AVG tanpa sistem.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Kerja Sistem

3. Hasil dan Pembahasan

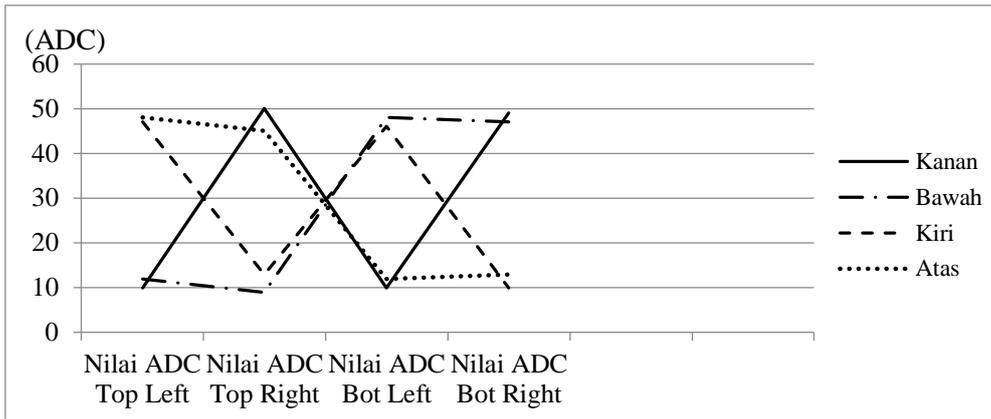
Hasil dan Pembahasan dalam jurnal ini memaparkan hasil pengujian dan analisis kinerja dari tiap-tiap bagian sistem yang saling berinteraksi sehingga terbentuklah "sistem pelacak cahaya matahari untuk pengoptimalisasi energi listrik dengan *datalogger online* dan *offline*". Pengujian perbandingan berguna untuk mengetahui bagaimana kinerja dan tingkat keberhasilan dari sistem tersebut.

Pengujian Hardware

Pengujian sensor LDR, *relay* dan motor servo sebagai pendeteksi intensitas cahaya ini dengan menyorot permukaan *solar cell* yang dilengkapi dengan sensor cahaya LDR. Pengujian ini membandingkan antara intensitas cahaya dari berbagai sudut, yaitu dari sudut atas, bawah, samping kanan dan samping kiri. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan data-data yang berguna bagi analisis sistem pelacak matahari pada *solar cell* dalam keadaan baik dan siap digunakan atau tidak, serta untuk mengetahui sensitifitas dan keakuratan sistem.

Tabel 1. Pengujian Sensor LDR terhadap Motor Servo

Penyorotan	Nilai ADC Top Left	Nilai ADC Top Right	Nilai ADC Bot Left	Nilai ADC Bot Right	Servo Horizontal	Servo Vertikal
Kanan	10	50	10	49	-1	
Bawah	12	9	48	47		-1
Kiri	47	13	46	10	+1	
Atas	48	45	12	13		+1



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai ADC 4 LDR

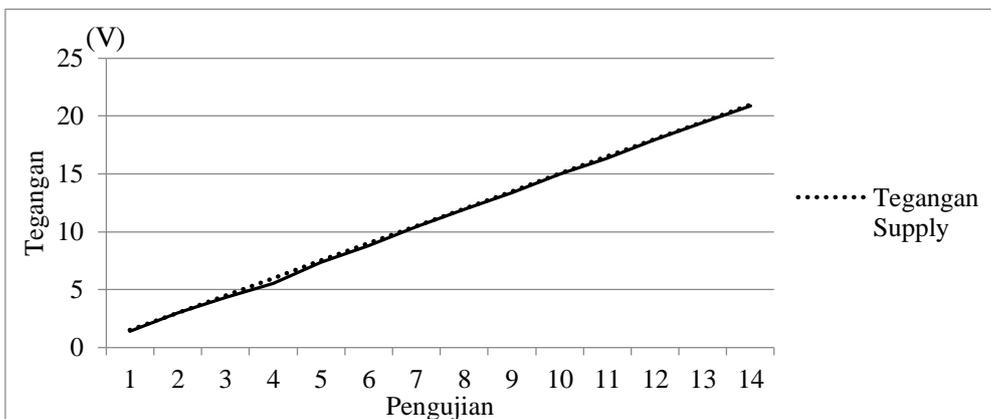
Pada Tabel 1 dan Gambar 2 dapat diperoleh jika dilakukan penyortiran dari sisi kanan, maka nilai ADC LDR kanan lebih besar dari pada nilai ADC LDR kiri, sehingga *servo* horizontal bernilai -1, begitu juga sebaliknya. Jika penyortiran dari sisi bawah, maka nilai ADC LDR atas lebih kecil dari nilai ADC LDR bawah, sehingga *servo* vertikal bernilai -1, begitu juga sebaliknya.

Pengujian sensor tegangan dan arus sebagai pendeteksi tegangan dan arus yang sebenarnya yang dikonversi agar dapat dirasakan pada sistem arduino. Pengujian ini dengan memberi tegangan secara bertahap pada sensor tegangan mulai dari 1.5 VDC sampai dengan 21 VDC dan memberikan arus dari 0A sampai dengan 4.5A. Tujuan dari pengujian ini untuk mendapatkan data-data yang berguna untuk analisis sistem pelacak cahaya pada *solar cell*, serta untuk mengetahui *sensitive* dan keakuratan sistem.

Dengan melihat Tabel 3 dan Gambar 4 yang menunjukkan nilai hasil pengujian dari sensor arus sehingga diperoleh nilai *error* antara nilai *supply* arus terhadap nilai yang terbaca oleh sistem yang dibuat sebesar 3.7% dengan *error* tertinggi sebesar 0.11 A dengan menggunakan persamaan (1) dan (2).

Tabel 2. Pengujian Sensor Tegangan

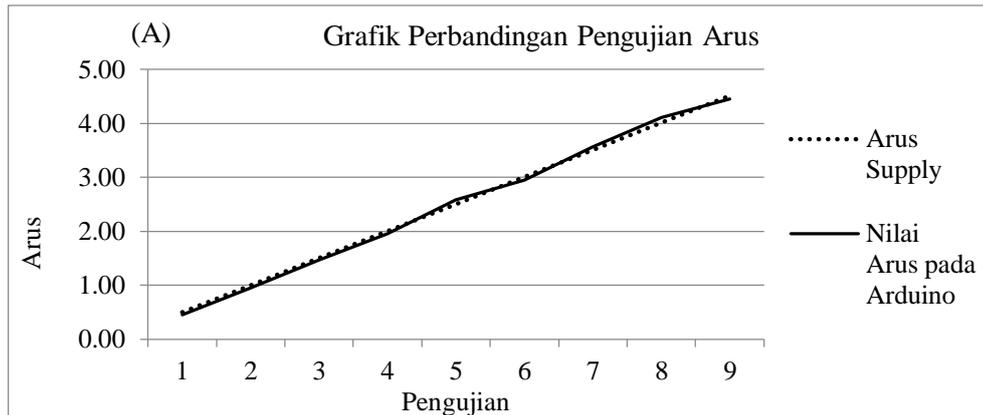
No	Tegangan Supply(V)	Nilai ADC Analisis	Nilai ADC Pada Arduino	Nilai V_{out} Analisis (V)	Nilai V_{out} Sensor 0-25V (V)	Nilai Tegangan Pada Arduino (V)
1	1.5	61	58	0.30	0.28	1.42
2	3	123	122	0.60	0.60	2.98
3	4.5	184	177	0.90	0.86	4.31
4	6	246	228	1.20	1.11	5.56
5	7.5	307	301	1.50	1.47	7.36
6	9	369	361	1.80	1.76	8.81
7	10.5	430	428	2.10	2.09	10.44
8	12	492	490	2.40	2.39	11.96
9	13.5	553	548	2.70	2.68	13.39
10	15	614	614	3.00	3.00	14.99
11	16.5	676	670	3.30	3.27	16.35
12	18	737	735	3.60	3.59	17.95
13	19.5	799	797	3.90	3.89	19.45
14	21	860	856	4.20	4.18	20.89



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan berdasarkan Analisis dan pada Arduino

Tabel 3. Pengujian Sensor Arus

No	Arus Supply (A)	Nilai ADC Analisis	Nilai ADC Pada Arduino	Nilai Arus Pada Arduino (A)
1	0.5	489	491	0.45
2	1.01	470	472	0.95
3	1.50	451	452	1.48
4	2.01	432	434	1.95
5	2.51	413	410	2.59
6	3.01	394	396	2.96
7	3.51	375	373	3.56
8	4.01	356	352	4.12
9	4.51	337	339	4.46



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Arus berdasarkan Analisis dan pada Arduino

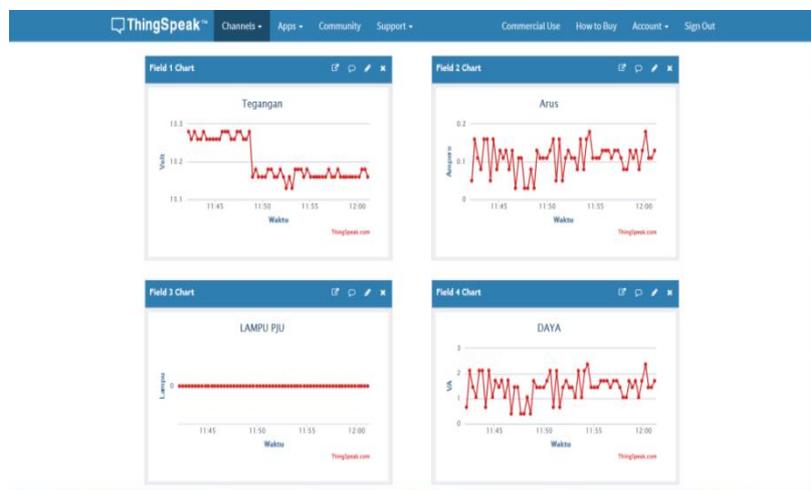
Pengujian Software

Pengujian pada tampilan *interface offline* sesuai dengan program yang dieksekusi, maka diperoleh tampilan seperti pada Gambar 5.

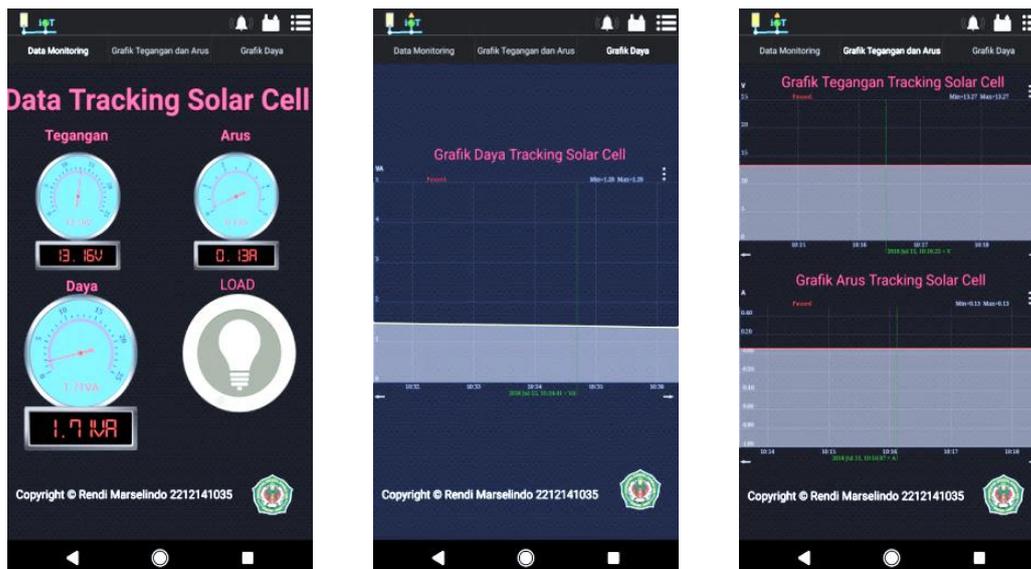


Gambar 5. Pengujian Sistem *Interface Offline*

Pada saat pengujian sistem berlangsung untuk mengetahui sistem *interface* dan *datalogger online* dengan melihat pada *channel solar cell* pada *website thingspeak* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan aplikasi android virtuino pada Gambar 7.

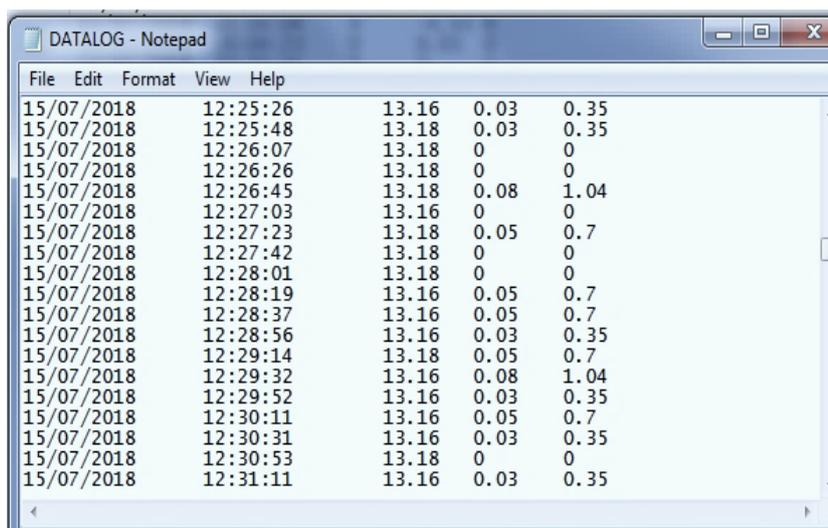


Gambar 6. Pengujian Sistem Interface Online Webservice Thingspeak



Gambar 7. Pengujian Sistem *Interface Online* Aplikasi Android

Pada pengujian *datalogger offline*, pada saat setelah pengujian dengan membuka *file datalog.txt* yang berada pada SD card yang ditunjukkan pada Gambar 8 yang memperoleh tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik, tegangan, arus dan daya. Data tersebut yang nanti akan diolah dengan aplikasi microsoft excel.



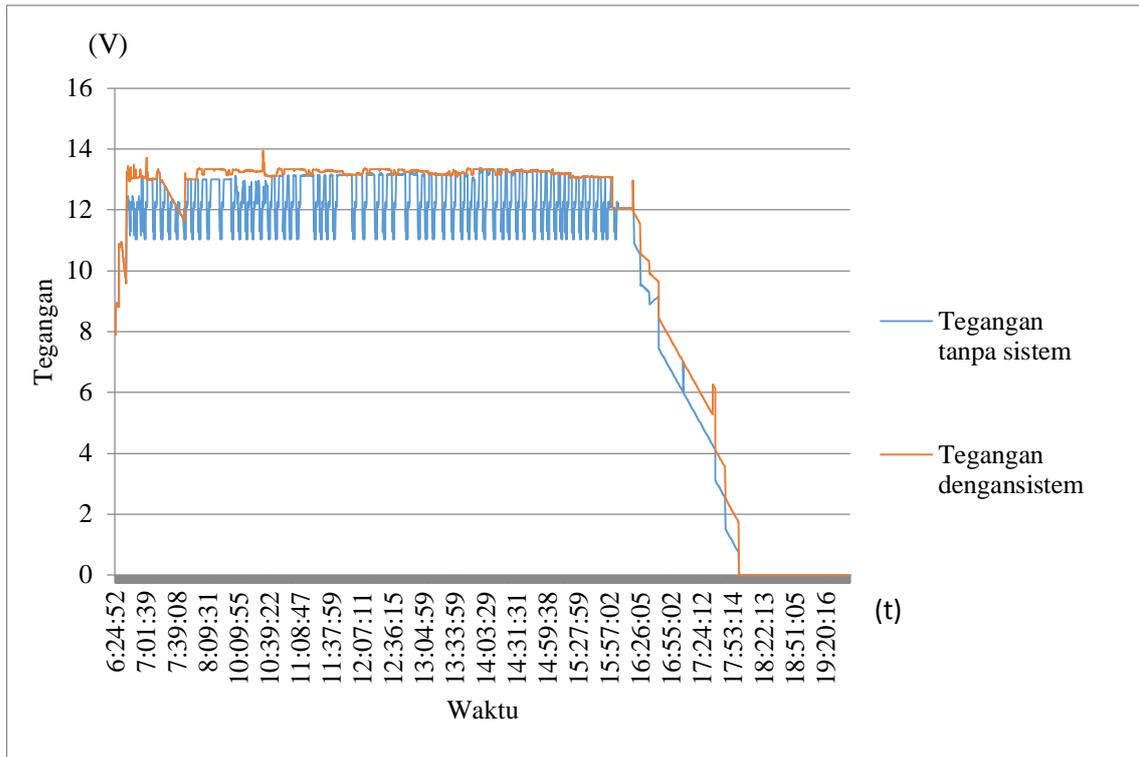
Gambar 8. Pengujian Sistem *Datalogger Offline*

Pengujian Perbandingan Sistem

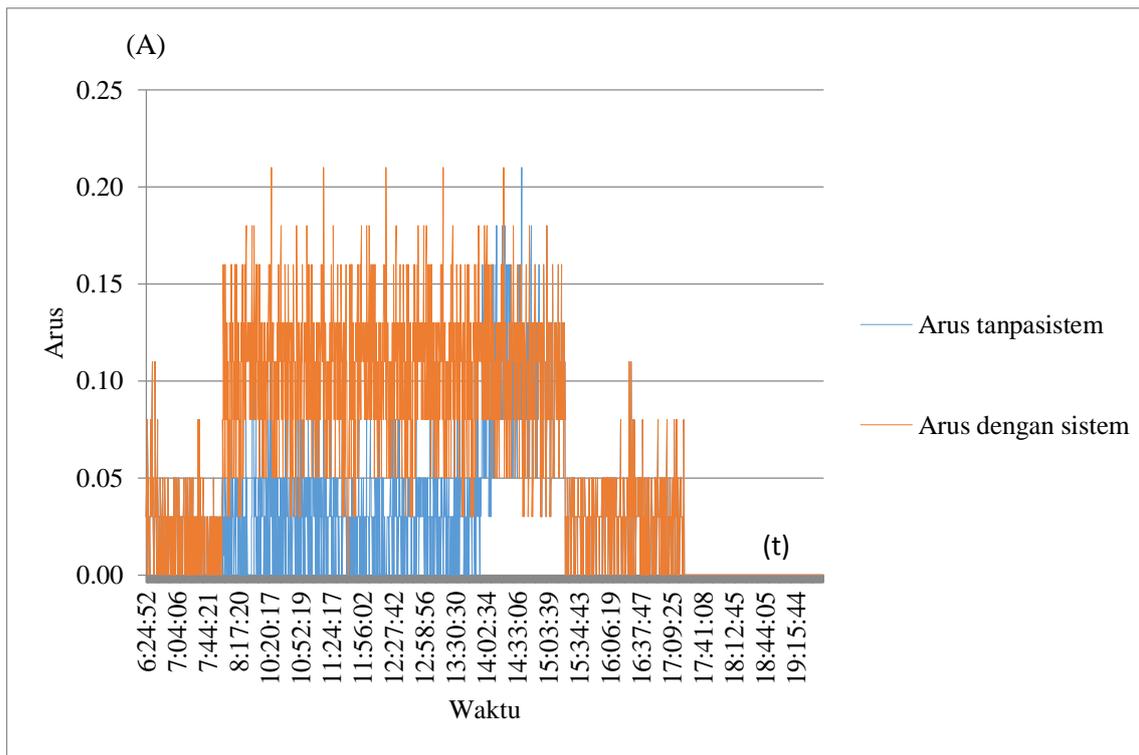
Pada Gambar 9 menunjukan grafik perbandingan tegangan tanpa sistem dan menggunakan sistem dengan perbandingan rata-rata diambil pada jam 08.00 sampai dengan 16.00. Hasil rata-rata tegangan dengan menggunakan persamaan (3) menunjukan perbedaan 6% lebih baik dengan menggunakan sistem pelacak cahaya matahari. Selisih maksimalnya sebesar 2.34V antara *solar cell* tanpa sistem dan menggunakan sistem.

Data diambil dari jam 08.00 sampai dengan 16.00, untuk *solar cell* yang menggunakan sistem nilai tegangan maksimal sebesar 13.94V pada pukul 10:32:59 dan nilai tegangan minimal 13.04V pada pukul 15:25:05 dan untuk *solar cell* yang tanpa menggunakan sistem nilai tegangan maksimal sebesar 13.38V pada pukul 13:59:02 dan nilai tegangan minimal 11.04V pada pukul 14:01:48.

Pada Gambar 10 menunjukan grafik perbandingan arus tanpa sistem dan menggunakan sistem dengan perbandingan rata-rata diambil pada jam 08.00 sampai dengan 16.00. Hasil rata-rata arus dengan menggunakan persamaan (3) menunjukan perbedaan 53% lebih baik dengan menggunakan sistem pelacak cahaya matahari. Selisih maksimalnya sebesar 0.21A antara *solar cell* tanpa sistem dan menggunakan sistem.

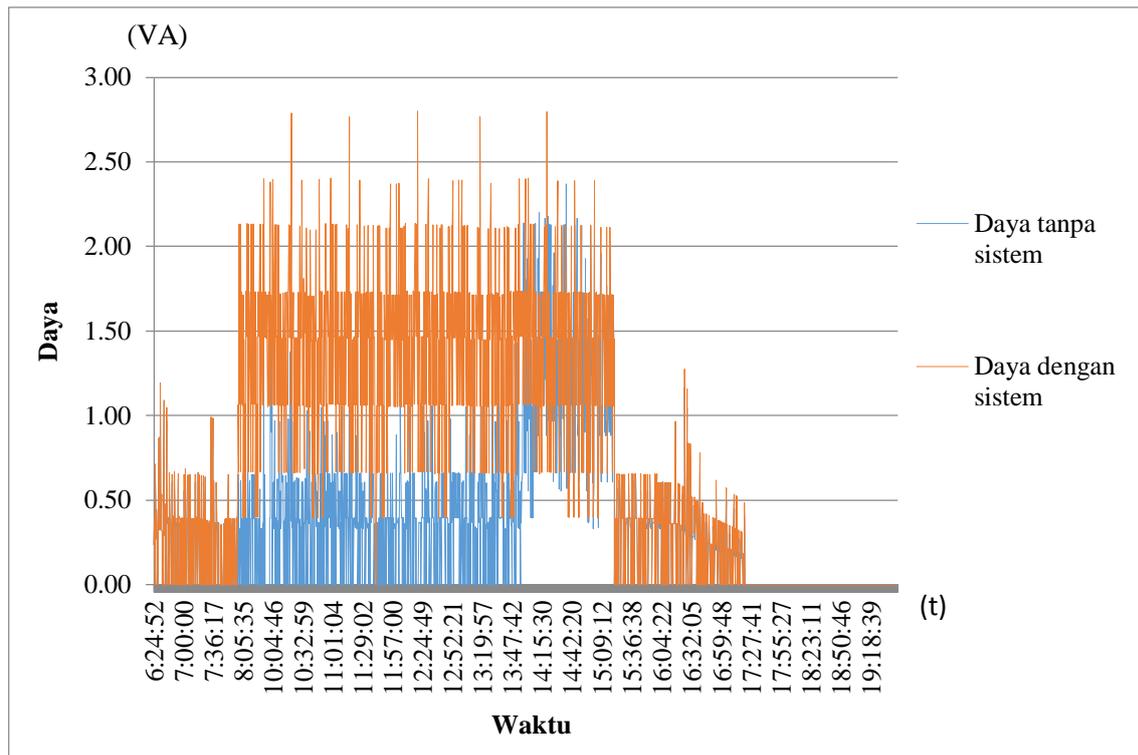


Gambar 9. Grafik Perbandingan Tegangan tanpa Sistem dan Menggunakan Sistem



Gambar 10. Grafik Perbandingan Arus tanpa Sistem dan Menggunakan Sistem

Data diambil dari jam 08.00 sampai dengan 16.00, untuk *solar cell* yang menggunakan sistem nilai arus maksimal sebesar 0.21A pada pukul 10 : 21 : 35 dan nilai arus minimal 0A pada pukul 11 : 40 : 37 dan untuk *solar cell* yang tanpa menggunakan sistem nilai arus maksimal sebesar 0.21A pada pukul 14 : 37 : 05 dan nilai arus minimal 0A pada pukul 08: 03 : 58.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Daya tanpa Sistem dan Menggunakan Sistem

Pada Gambar 11 menunjukan grafik perbandingan daya tanpa sistem dan menggunakan sistem dengan perbandingan rata-rata diambil pada jam 08.00 sampai dengan 16.00. Hasil rata-rata daya dengan menggunakan persamaan (3) menunjukan perbedaan 55.92% lebih baik dengan menggunakan sistem pelacak cahaya matahari. Selisih maksimalnya sebesar 2.8VA antara *solar cell* tanpa sistem dan menggunakan sistem.

Data diambil dari jam 08.00 sampai dengan 16.00, untuk *solar cell* yang menggunakan sistem nilai daya maksimal sebesar 2.80VA pada pukul 12:20:02 dan nilai daya minimal 0VA pada pukul 11:40:37 dan untuk *solar cell* yang tanpa menggunakan sistem nilai daya maksimal sebesar 2.37VA pada pukul 14:37:05 dan nilai daya minimal 0VA pada pukul 08:03:58.

Kesimpulan

- Terbentuk desain sistem pelacak cahaya matahari dual axis pada solar cell yang diharapkan dapat melakukan optimasi konservasi energi menggunakan arduino mega 2560 dengan datalogger offline dan online.
- Berdasarkan hasil pengujian tegangan terhadap tegangan supply yang diberikan menunjukan error tegangan 1.8 % dan selisih tertinggi sebesar 0.44V, pengujian arus terhadap arus supply yang diberikan menunjukan error arus 3.7 % dan selisih tertinggi sebesar 0.11A.
- Data-data sistem dapat dilihat secara offline dengan melihat tampilan LCD yang berada di panel. Data tersebut disimpan beserta tanggal dan waktu kejadian dalam sebuah SD card dengan nama file datalog.txt, data-data sistem dapat dilihat kemudian disimpan secara online melalui webserver thingspeak, website dan aplikasi android.
- Berdasarkan hasil pengujian perbandingan tegangan dengan sistem dan tanpa sistem diperoleh perbedaan nilai 6% dengan selisih tertinggi 2.34V Berdasarkan hasil pengujian perbandingan arus dengan sistem dan tanpa sistem diperoleh perbedaan nilai 53% dengan selisih tertinggi 0.21A Berdasarkan hasil pengujian perbandingan daya dengan sistem dan tanpa sistem diperoleh perbedaan nilai 55.92% dengan selisih tertinggi 2.8VA

Daftar Pustaka

- AI-Thinker team, "ESP-01 WiFi Module," *AI-Thinker team*, pp. 1–19, 2015.
- Arthur Daniel Limantara, Lucia Desti Krisnawati, Slamet Winardi, Sri Wiwoho Mudjanarko, "Solusi Pengawasan Kebijakan Mengatasi Kemacetan Jalan dan Parkir Kota Berbasis Internet Cerdas", 2017.
- Fadhlullah, Khalid, "Solar Tracking Sistem Berbasis Arduino Uno," 2017
- N. Soedjarwanto, "Sistem Pelacak Otomatis Energi Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega8535," 2015.