

PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL *SOLAR CELL* BERBASIS LDR (*LIGHT DEPENDENT RESISTOR*) DENGAN ACUAN PERGERAKAN MATAHARI

Takbirul Imam Harun Arrasyid

S1Teknik Mesin Konversi energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: takbirularraysid@mhs.unesa.ac.id

Aris Ansori

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: arisansori@unesa.ac.id

Abstrak

Metode eksperimental dimana solar cell akan di tambahkan sistem kontrol dengan basis sensor LDR (Ligth Dependent Resistor) sebagai pembaca intensitas sinar matahari sehingga solar cell bisa mengikuti pergerakan sinar matahari yang lebih terang, dengan variasi sudut sensor. Cara pengambilan data menggunakan solar power meter dan DC volt ampere meter yang selanjutnya dicatat ke tabel hasil pengambilan data. Dan metode analisis data yang digunakan yakni dengan metode kuantitatif deskriptif, dari hasil data yang sudah di analisa, dapat diketahui variabel range antar sensor 15° lebih efektif yaitu sebesar 12,66 % sedangkan range antar sensor 20° yaitu 12,20 %. dari alat sistem kontrol solar cell berbasis LDR sebelumnya Efisiensi yaitu 6,73 %. Penggunaan sensor LDR cukup efektif, karena terbukti sensor LDR dapat berfungsi sebagai koreksi saat terjadi mendung, terjadi pergerakan modul surya kembali ke sudut 82,5 dari sebelumnya yaitu 97,5 dan pada pukul 12.57 solar cell bergerak menghadap sudut 67,5.

Kata kunci : Solar Cell, LDR, Variasi Sudut, Efisiensi

Abstract

Method where solar cell will be added control system with LDR (Ligth Dependent Resistor) sensor base as reader of sunlight intensity so solar cell can follow sunshine movement which is brighter, with angle variation sensors. How to take data using solar power meter and DC volt ampere meter which is then recorded to the data retrieval table. And the method of data analysis used that is with descriptive quantitative method, from result of data that have been analyzed, can know variable range between sensor 15° more effective that is equal to 12,66% while range between sensor 20° that is 12,20%. of the previous LDR-based solar cell control system Efficiency is 6.73%. The use of LDR sensors is quite effective, because LDR sensor is proven to act as correction during clouding, the movement of the solar module back to the 82.5 from the previous corner of 97.5 and at 12:57 solar cell move facing the corner 67.5.

Keywords: Solar Cell, LDR, Variation Angle, Efficiency.

PENDAHULUAN

Krisis energi menjadi permasalahan yang besar dan perlu perhatian khusus oleh dunia khususnya negara Indonesia. Energi yang sering digunakan dan berpengaruh terhadap keberlangsungan hidup manusia saat ini adalah energi listrik. Indonesia mencatat bahwa kebutuhan energi listrik global akan meningkat 67% selama periode 2011-2035 atau naik menjadi 32.150 TWh pada tahun 2035 dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 2,2% per tahun. Sektor industri masih merupakan konsumen listrik terbesar dengan pangsa 41% pada tahun 2035. Kebutuhan listrik sektor rumah tangga tumbuh 2,5% per- tahun dan mencapai 9.336 TWh pada tahun 2035. Sedangkan kebutuhan listrik sektor komersial tumbuh lebih lambat, sekitar 1,9% per tahun atau naik menjadi 7.137 TWh pada tahun yang sama. Kebutuhan listrik sektor transportasi pada tahun 2035 akan meningkat dua kali lipat menjadi 734 TWh atau naik rata-rata 3,9% per tahun (Outlook Energi Indonesia : 2014).

Kondisi tersebut dari tahun ke tahun akan mengalami peningkatan yang mengakibatkan kelangkaan energi listrik sehingga diperlukan adanya solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Energi alternatif yang terbaru merupakan solusi yang diperlukan dalam mengatasi krisis energi khususnya energi listrik. Energi alternatif adalah energi yang dapat diperbarui dan tidak dapat habis.

Salah satu pemanfaatan energi terbarukan adalah pemanfaatan energi matahari atau surya. Negara Indonesia terletak di daerah khatulistiwa yang memiliki potensi energi matahari yang melimpah. Potensi ini mempunyai peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan energi Indonesia. Maksimal energi yang jatuh ke permukaan bumi adalah 350 W/m² sedangkan Indonesia rata – rata mendapatkan 210 W/m². Energi sinar matahari sebenarnya jauh lebih besar. Jika diukur di batas atmosfer bumi, manusia mendapatkan intensitas sinar matahari mencapai 1.367 kW/m² (Nugraha dan Didik, 2013 : 44).

Salah satu peralatan yang dapat mengubah energi matahari atau surya menjadi energi lain adalah Solar cell. Solar cell merupakan salah satu bentuk alat alternatif yang dapat menghasilkan listrik jika intensitas gelombang cahaya yang mengenai solar cell dapat terpenuhi. Apabila kondisi cuaca sedang mendung atau saat malam hari solar cell tidak dapat digunakan. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan solar cell yang ditambahkan dengan sistem kontrol berbasis sensor LDR (light dependent resistor).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Irfan Panca Irawan (2016) Melalui penggunaan 6 sensor LDR (Light Dependent Resistor) menghasilkan performa efisiensi tertinggi sebesar 6,73% dibandingkan penggunaan sensor 3, 4, dan 5. Dengan selisih kemiringan sensor yaitu sebesar 7,29⁰. Berdasarkan data pengujian tersebut semakin banyaknya jumlah sensor LDR (Light Dependent Resistor) yang digunakan berpengaruh terhadap nilai rata-rata selisih kemiringan sudut solar cell dan berdampak pada hasil efisiensi yang di hasilkan solar cell.

Peneliti mencoba menganalisis lagi Pengembangan Sistem Kontrol Pada Solar Cell berbasis Sensor LDR (Light Dependent Resistor) dengan Acuan Pergerakan Matahari.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam analisis sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR (Light Dependent Resistor) dengan acuan pergerakan matahari variasi jumlah sensor dan sudut sensor :

- Bagaimana desain sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR (Light Dependent Resistor) dengan acuan pergerakan matahari?
- Bagaimana performa sistem kontrol berbasis LDR (Light Dependent Resistor) terhadap solar cell dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini perlu adanya batasan – batasan permasalahan yang digunakan agar supaya tidak melebar dalam pembahasannya. Adapun batasan masalah terdiri dari:

- Pembahasan hanya terfokus mencari efektifitas pada sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR (Light Dependent Resistor)
- Analisis cara penggunaan sensor yang lebih baik dan efektif pada alat solar cell dengan sistem kontrol berbasis sensor LDR (Light Dependent Resistor).
- Menganalisa penggunaan 8 sensor LDR (Light Dependent Resistor) dengan variasi range derajat antar sensor 15° dan 20°.
- Pergerakan solar cell berdasarkan gerak sudut kemiringan matahari.

- Arus, tegangan, daya dan efisiensi yang di hasilkan dari solar cell dengan penggunaan sistem kontrol berbasis LDR (Light Dependent Resistor).

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisis karakteristik sistem kontrol deteksi cahaya matahari pada pembangkit listrik tenaga hybrid berbasis solar cell adalah :

- Mengetahui desain sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR (Light Dependent Resistor).
- Mengetahui performa sistem kontrol berbasis LDR (Light Dependent Resistor) terhadap solar cell dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

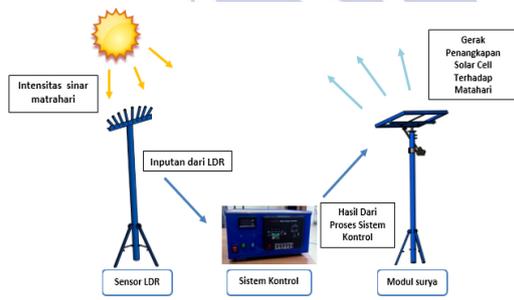
KAJIAN TEORITIK

- **Potensi Energi Matahari dan Pemanfaatannya**
Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi Matahari yang berlimpah dengan intensitas radiasi Matahari rata-rata sekitar 4,5 kWh/m² /hari diseluruh wilayah Indonesia. Dalam kondisi puncak atau posisi Matahari tegak lurus, sinar Matahari di Indonesia seluas 1m² akan mampu mencapai 900 hingga 1000 W. Total intensitas penyinaran perharinya di Indonesia mampu mencapai 4500 W jam/m² yang membuat indonesia tergolong kaya sumber energi matahari.
- **Pengertian Solar Cell**
Solar cell adalah suatu komponen yang berfungsi merubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip photovoltaic, 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.
- **Pembangkit Listrik Tenaga Surya**
Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya (cahaya) menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotolistrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor (panas) seperti mesin stirling atau lainnya.
- **Peningkatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya**
Pembangkit listrik tenaga surya yang telah ada cukup membantu dalam mengatasi krisis energi

listrik yang ada, namun dari pembangkit listrik tenaga surya yang ada dirasa kurang efektif dalam menghasilkan tenaga listrik, maka dari itu diperlukan adanya pengembangan atau penyempurnaan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, tentunya dengan tambahan alat - alat yang mendukung tersebut diharapkan dapat meningkatkan performa solar cell dalam suatu pembangkit listrik tenaga surya, salah satu cara yang telah banyak dilakukan penelitian yaitu dengan mengembangkan sistem kontrol pada pembangkit listrik tenaga surya.

- Pengembangan Sistem Kontrol Solar Cell Berbasis Sensor LDR (Light Dependent Resistor).

Sistem kontrol solar cell berbasis LDR (Light Dependent Resistor) adalah sistem kontrol yang bekerja mengontrol pergerakan solar cell dengan memanfaatkan sensor LDR sebagai pembaca intensitas matahari yang selanjutnya menjadikan inputan untuk diproses dan menggerakkan motor agar nantinya solar cell dapat bergerak efektif dalam menangkap sinar matahari.



Gambar 1 Sistem Kontrol Berbasis sensor LDR

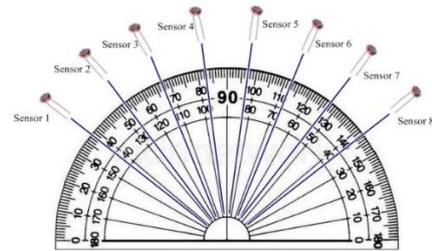
METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (experimental research). Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- Perancangan model sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR (light dependent resistor) dengan acuan pergerakan.
- Membandingkan variasi waktu pengambilan data dimulai dari pukul 08.00 - 16.00 dengan daya yang dihasilkan solar cell.
- Membandingkan efektifitas solar cell dengan sistem kontrol LDR (light dependent resistor) jumlah 8 sensor dengan variasi range antar sensor 15° dan 20°.

- Susunan 8 sensor LDR menggunakan sudut 15°



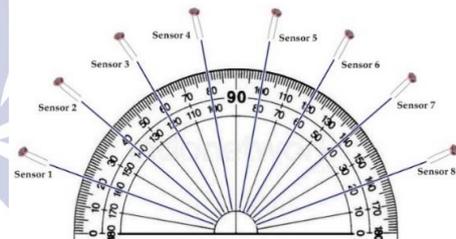
Gambar 2 Susunan 8 Sensor LDR Range 15°

Gambar 2 menunjukkan penggunaan sensor LDR yang berjumlah 8 buah sensor dengan penataan jarak antar sensor 15 derajat, untuk keterangan sudut dapat dilihat di tabel 1

Tabel 1 Penentuan posisi sudut sensor LDR dengan range 15°

Sensor LDR	Posisi Sudut Solar Cell
Sensor LDR 1	37,5°
Sensor LDR 2	52,5°
Sensor LDR 3	67,5°
Sensor LDR 4	82,5°
Sensor LDR 5	97,5°
Sensor LDR 6	112,5°
Sensor LDR 7	127,5°
Sensor LDR 8	142,5°

- Susunan 8 sensor LDR menggunakan sudut 20°



Gambar 3 Susunan 8 Sensor LDR sudut 20°

Gambar 3 menunjukkan penggunaan sensor LDR yang berjumlah 8 buah sensor dengan penataan jarak antar sensor 20 derajat, untuk keterangan sudut dapat dilihat di tabel 2

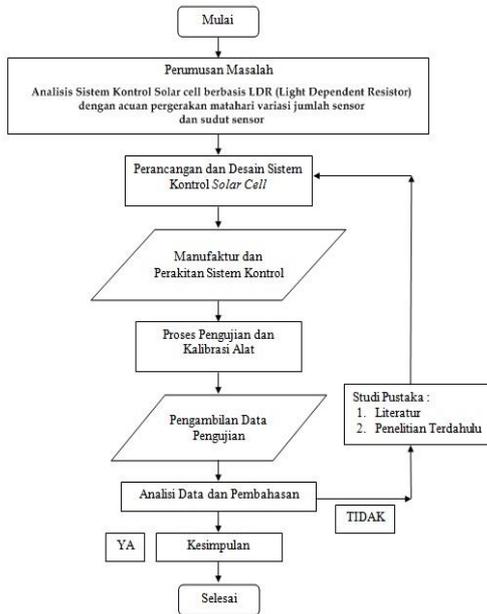
Tabel 2 Penentuan posisi sudut sensor LDR dengan range 20°

Sensor LDR	Posisi Sudut Solar Cell
Sensor LDR 1	20°
Sensor LDR 2	40°
Sensor LDR 3	60°
Sensor LDR 4	80°
Sensor LDR 5	100°
Sensor LDR 6	120°
Sensor LDR 7	140°
Sensor LDR 8	160°

Subjek, Objek dan Waktu Penelitian

Penelitian Pengembangan Sistem Kontrol Solar Cell Berbasis Sensor LDR (Light Dependent Resistor) dengan Acuan Pergerakan Matahari dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, gedung A8 lantai 4, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Waktu penelitian dilakukan setelah proposal skripsi disetujui sampai Januari 2018.

Rancangan Tindakan



Gambar 4 Rancangan Tindakan

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah permodelan atau penggunaan beberapa variasi range sensor LDR yang antara lain 15° dan 20° .

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah perhitungan daya *solar cell* dan efisiensi *solar cell*.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah waktu pengambilan data, mulai pukul 08.00 sampai pukul 16.00 WIB

Teknik Pengumpulan Data

Prosedur pengambilan data dilakukan sebelum dilakukannya pengambilan data penelitian dan membahas tata cara serta pengoprasian sistem kontrol *solar cell*.

a. Persiapan pengujian sistem kontrol *solar cell*

- 1) Memastikan semua komponen alat penelitian telah tersambung dengan benar. Seperti pengecekan sistem kontrol, motor, solar cell dan aki dapat berjalan dengan baik.



Gambar 5 Penataan sensor dan modul surya

- 2) Memastikan instrumen penelitian telah siap dan berjalan dengan baik, meliputi solar power meter sebagai pengukur intensitas dan Volt Amp Meter agar dapat diketahui keluaran dari *solar cell* berupa ampere dan volt.



Gambar 6 Alat penelitian sistem kontrol

- 3) Set posisi sudut sensor LDR dengan variabel yang akan digunakan untuk pengambilan data. Seperti variasi penggunaan range antar sensor 15° dan 20° , untuk satu variasi di gunakan untuk satu hari pengambilan data dari pukul 08.00 WIB s.d. 16.00 WIB.



Gambar 7 Penataan posisi sensor LDR

- 4) Set mode pergantian *solar cell* dari pukul 08.00 s.d. 16.00 sesuai dengan variabel yang ada.

b. Proses Pengambilan Data

- 1) Menyiapkan alat tulis serta tabel pengambilan data.

- 2) Memantau pergerakan solar cell terhadap matahari.
- 3) Memantau pengukuran dari solar power meter dan keluaran dari volt amp meter.
- 4) Mencatat data yang di dapat dari instrumen penelitian.

Setelah data di dapat nantinya data di olah sehingga dapat diketahui performa dari penggunaan sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR.

Instrumen dan Alat Penelitian

Peralatan dan instrumen merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian. Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1) Instrumen :

- a) DC Voltmeter Ammeter
- b) Solar Power Meter

2) Alat Penelitian:

- a) LDR (*Light Dependent Resistor*)
- b) *Sensor Jarak Ultrasonic*
- c) Baterai
- d) Sistem Kontrol Solar Cell
- e) Motor Linier actuator
- f) *Solar Cell*

Teknik Analisis Data

Teknik analisa data pada penelitian ini menggunakan teknik analisa data kuantitatif deskriptif, menurut sugiono, 2003:14 teknik analisa data kuantitatif deskriptif adalah penelitian dengan memperoleh data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan. Data kuantitatif yang di dapat dengan teknik pengambilan data yang telah ditentukan selanjutnya data tersebut di olah dan di deskripsikan guna diketahui hasil dari penelitian sistem kontrol ini.

Data kuantitatif yang dimaksud seperti hasil pengukuran intensitas matahari serta hasil keluaran ampere dan volt dari modul surya. data kuantitatif selanjutnya di olah dan melalui beberapa tahapan. Antara lain sebagai berikut :

- a. Proses penghitungan daya yang di dapat dari *solar cell*.
Menghitung daya dari solar cell diperlukan ampere dan volt dari hasil pengambilan data.
- b. Hasil efisiensi yang di dapat dari penggunaan sistem kontrol solar cell.
Cara mendapatkan efisiensi dari solar cell perlu sebelumnya diketahui P cahaya intensitas yang diterima dari solar cell, yakni dari intensitas yang diukur di kali dengan luasan solar cell. Setelah itu baru bisa di hitung efisiensi dari perhitungan daya dibagi P cahaya.
- c. Analisa dan kesimpulan dari data yang di dapat.
Setelah diketahui efisisensi dari solar cell selanjutnya membuat grafik guna diketahui perbandingan hasil

efisiensi dari penggunaan dua variabel yang sudah ditentukan, sehingga nanti dapat diketahui efektifitas pengambilan data dari kedua variabel yang ada, sekaligus dapat diketahui performa yang sebenarnya dari penggunaan sistem kontrol *solar cell* berbasis LDR tersebut..

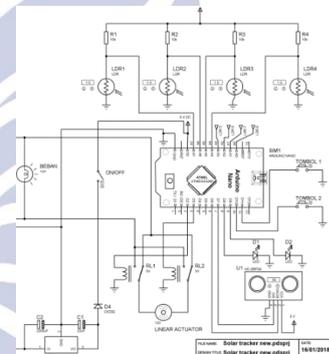
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Desain Sistem Kontrol



Gambar 8 Sistem Kontrol solar cell berbasis LDR

Gambar 8 foto tampak depan dari sistem kontrol berbasis sensor LDR, berbeda dari sistem kontrol sebelumnya milik Irvan Panca Irawan: 2016 yang lebih besar karena komponen yang lebih banyak. Dan pada sistem kontrol ini sudah langsung menempel multi meter digital.



Gambar 9 Diagram Sistem Kontrol LDR

Gambar 9 merupakan wiring diagram yang ada didalam sistem kontrol berbasis sensor LDR.



Gambar 10 Rangka penyangga solar cell sekaligus rangka sensor LDR

Gambar 10 rangka atau penyangga dari modul surya dan rangka sensor LDR, terdapat beberapa tambahan dari penemuan Irvan panca Irawan: 2016, yakni penambahan sensor LDR, juga penambahan beberapa komponen koresksi seperti sensor ultra sonic yang menggantikan limit switch.

Cara kerja alat penelitian sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR yakni memanfaatkan kerja sensor LDR sebagai pembaca sekaligus pembanding intensitas cahaya matahari yang selanjutnya mengirimkan hasil dari pembacaan intensitas tersebut ke sistem kontrol, yang selanjutnya di sistem kontrol akan di proses dan menghasilkan keluaran berupa perintah yang menggerakkan motor actuator, dan tujuan dari penggerakan motor actuator yakni untuk memposisikan solar cell menghadap intensitas cahaya terbaik dari matahari, sehingga performa solar dapat meningkat dari sebelumnya.

Hasil Pengujian Performa Sistem Kontrol

Tabel 3 Hasil Pengambilan Data Range Antar Sensor 15°

No	Jam	Sudut Sensor	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (W/m^2)	Efisiensi Solar Cell
1	08.00	37,5°	4,21	19,5	82,10	913	13,74%
2	08.07	37,5°	4,29	19,5	83,66	921	13,88%
3	08.20	37,5°	4,85	20	97,00	1063	13,94%
4	08.33	37,5°	4,76	19,9	94,72	1057	13,69%
5	08.52	37,5°	4,58	19,6	89,77	988	13,88%
6	09.15	52,5°	4,15	19,4	80,51	898	13,70%
7	09.23	52,5°	4,35	19,6	85,26	935	13,93%
8	09.35	52,5°	4,65	19,8	92,07	1030	13,66%
9	09.47	52,5°	4,23	19,5	82,49	915	13,77%
10	09.55	52,5°	3,97	19,4	77,02	897	13,12%
11	10.15	67,5°	3,88	19,3	74,88	891	12,84%
12	10.28	67,5°	3,71	19,2	71,23	842	12,93%
13	10.39	67,5°	3,54	19,1	67,61	815	12,68%
14	10.45	67,5°	3,66	19,2	70,27	830	12,94%
15	11.02	67,5°	3,35	19	63,65	796	12,22%
16	11.15	82,5°	3,18	18,5	58,83	725	12,40%
17	11.21	82,5°	3,11	18,5	57,54	714	12,31%
18	11.36	82,5°	2,87	18,2	52,23	670	11,91%
19	11.41	82,5°	2,95	18,4	54,28	693	11,97%
20	11.54	82,5°	3,17	18,5	58,65	718	12,48%
21	12.15	97,5°	2,81	18,1	50,86	631	12,32%
22	12.32	97,5°	3,2	18,6	59,52	737	12,34%
23	12.41	82,5°	2,93	18,3	53,62	678	12,08%
24	12.57	67,5°	2,4	17,7	42,48	540	12,02%
25	13.05	97,5°	3,26	18,9	61,61	789	11,93%
26	13.15	112,5°	3,22	18,8	60,54	760	12,17%
27	13.28	112,5°	3,2	18,6	59,52	737	12,34%
28	13.43	112,5°	2,95	18,4	54,28	687	12,07%
29	13.49	112,5°	2,84	18,2	51,69	631	12,52%
30	13.52	112,5°	2,53	17,9	45,29	581	11,91%
31	14.10	127,5°	2,41	17,7	42,66	546	11,94%
32	14.25	127,5°	2,19	17,4	38,11	483	12,05%
33	14.35	127,5°	2,16	17,3	37,37	476	11,99%
34	14.44	127,5°	2,08	17,3	35,98	451	12,19%
35	14.56	127,5°	1,79	17,1	30,61	386	12,12%
36	15.13	142,5°	1,65	16,9	27,89	345	12,35%
37	15.25	142,5°	1,49	16,8	25,03	304	12,58%
38	15.31	142,5°	1,36	16,6	22,58	281	12,28%
39	15.40	142,5°	1,25	16,6	20,75	252	12,58%
40	16.00	142,5°	1,17	16,5	19,31	231	12,77%
Rata - rata					58,34	695,925	12,66%

Tabel 3 menunjukkan nilai efisiensi tertinggi adalah sebesar 13,94 % dengan intensitas sebesar 1063 W/m^2 , dan daya yang dihasilkan sebesar 97,00 W. Dan dari 40 data yang ada pada tabel 3 menunjukkan efisiensi rata – rata 12,66 %.

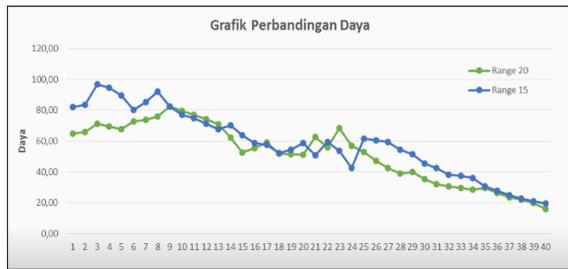
Tabel 3 juga menunjukkan pergerakan yang tidak teratur pada sudut sensor yakni pada pukul 12.41 terjadi pergerakan kembali pada sudut 82,5 juga pada pukul 12.57 pergerakan pada sudut 67,5 , pergerakan tersebut disebabkan adanya awan mendung yang melewati atau menutupi matahari, namun dari kejadian tersebut dapat disimpulkan bahwasannya sensor LDR dapat berjalan dengan baik.

Pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober dan Desember dengan prakiraan musim penghujan dan data yang dimasukkan berdasarkan cuaca terbaik dan memenuhi sesuai standart variabel yang ditentukan pukul 08.00 – 16.00.

Tabel 4 Hasil Pengambilan Data Range Antar Sensor 20°

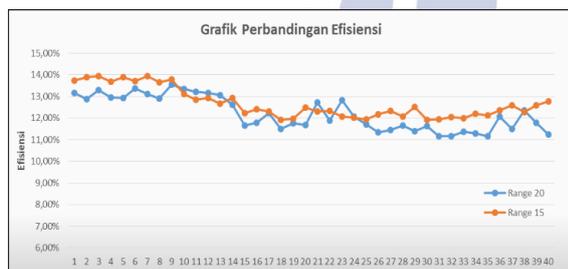
No	Jam	Sudut Sensor	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (W/m^2)	Efisiensi Solar Cell
1	08.00	20°	3,55	18,3	64,97	754	13,16%
2	08.08	20°	3,58	18,4	65,87	781	12,89%
3	08.12	20°	3,84	18,6	71,42	821	13,29%
4	08.19	20°	3,76	18,5	69,56	820	12,96%
5	08.23	20°	3,69	18,4	67,90	802	12,93%
6	08.35	40°	3,92	18,6	72,91	834	13,36%
7	08.47	40°	3,95	18,7	73,87	860	13,12%
8	08.54	40°	4,03	18,9	76,17	902	12,90%
9	09.13	40°	4,35	19	82,65	931	13,56%
10	09.35	40°	4,19	19	79,61	912	13,34%
11	09.45	60°	4,08	18,9	77,11	891	13,22%
12	09.56	60°	3,97	18,7	74,24	861	13,17%
13	10.23	60°	3,81	18,6	70,87	829	13,06%
14	10.48	60°	3,42	18,2	62,24	753	12,63%
15	09.51	60°	2,93	18	52,74	691	11,66%
16	11.02	80°	3,07	18,1	55,57	720	11,79%
17	11.14	80°	3,24	18,2	58,97	737	12,22%
18	11.28	80°	2,9	17,9	51,91	689	11,51%
19	11.37	80°	2,88	17,9	51,55	670	11,76%
20	11.49	80°	2,85	17,9	51,02	667	11,69%
21	12.18	100°	3,45	18,2	62,79	754	12,72%
22	12.29	100°	3,09	18,1	55,93	718	11,90%
23	12.36	100°	3,7	18,5	68,45	816	12,82%
24	12.50	100°	3,14	18,1	56,83	720	12,06%
25	13.10	100°	2,95	18	53,10	693	11,71%
26	13.35	120°	2,76	17,1	47,20	635	11,36%
27	13.42	120°	2,54	16,8	42,67	570	11,44%
28	13.49	120°	2,38	16,4	39,03	512	11,65%
29	13.56	120°	2,43	16,5	40,10	538	11,39%
30	14.22	120°	2,2	16,1	35,42	465	11,64%
31	14.40	140°	2	16	32,00	438	11,16%
32	14.51	140°	1,93	15,9	30,69	420	11,16%
33	14.58	140°	1,86	15,8	29,39	395	11,37%
34	15.18	140°	1,82	15,7	28,57	387	11,28%
35	15.30	140°	1,87	15,8	29,55	404	11,17%
36	15.41	160°	1,68	15,6	26,21	332	12,06%
37	15.52	160°	1,53	15,4	23,56	313	11,50%
38	15.56	160°	1,46	15	21,90	271	12,35%
39	15.58	160°	1,32	14,9	19,67	255	11,78%
40	16.00	160°	1,07	14,8	15,84	215	11,25%
Rata - rata					52,25	644,4	12,20%

Tabel 4 merupakan hasil pengambilan data dengan penataan range antar sensor 20°, efisiensi tertinggi sebesar 13,56 % dengan nilai intensitas matahari 931 W/m^2 dan daya yang dihasilkan sebesar 82,65 W. Efisiensi dari 40 data yang ada pada tabel 4 menunjukkan nilai efisiensi rata – rata sebesar 12,20 %.



Gambar 11 Grafik Perbandingan Daya

Gambar 11 menunjukkan daya yang dihasilkan dari penggunaan variasi range 15° dan 20°, ditunjukkan garis berwarna biru adalah data daya yang dihasilkan dari variasi range 15° dan pada variasi range 20° ditunjukkan oleh garis berwarna hijau, dapat dilihat bahwa garis berwarna biru relatif lebih tinggi daya yang dihasilkan, itu dapat terjadi karena dipengaruhi oleh intensitas yang di dapat dari penataan range 15°. Rata – rata intensitas yang ditangkap oleh sensor LDR dari penataan range 15° lebih tinggi dari penataan range 20°.



Gambar 12 Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi Solar Cell

Gambar 12 menunjukkan bahwa garis dengan warna orange menunjukkan penggunaan variasi range antar sudut 15° cukup stabil dan tidak mengalami penurunan yang cukup drastis, hal ini karena faktor – faktor yang mempengaruhi range antar sudut 15° seperti arus dan tegangan berbanding stabil atau sejajar dengan intensitas yang di tangkap, yang dipengaruhi dari penataan sensor LDR. Selanjutnya garis dengan warna biru yang menunjukkan penggunaan variasi range sudut 20° terlihat penurunan yang lumayan. Hal ini terjadi karena faktor-faktor yang mempengaruhi seperti arus dan tegangan juga terbukti lebih rendah penangkapan intensitasnya dibandingkan dengan penggunaan range sensor 15°. Dari hal tersebut dapat di simpulkan bahwa pada gambar 12 dapat dinyatakan penggunaan variasi range 15° efisiensinya lebih baik dari pada penggunaan variasi 20°.

Kesimpulan dari pengambilan data variasi range 15° dan 20° yaitu :

- Dapat diketahui variabel range antar sensor 15° lebih efektif dalam pengoprasian sistem kontrol solar cell berbasis LDR. Karena efisiensi yang lebih bagus yaitu 12,66 % sedangkan range antar sensor 20° yaitu 12,20 %. Efisiensi yang lebih baik dari range antar sensor 15° dikarenakan selisih kemiringan modul surya atau sensor terhadap matahari lebih sedikit.

- Efisiensi dari pengembangan alat sistem kontrol solar cell berbasis LDR ini lebih baik dari penemuan terdahulu, penelitian Irvan Panca Irawan: 2016 yakni sebesar 6,73 %.
- Penggunaan sensor LDR cukup efektif, karena terbukti sensor LDR dapat berfungsi sebagai koreksi saat terjadi mendung, yakni pada tabel 4.3 pada pukul 12.41 terjadi pergerakan modul surya kembali ke sudut 82,5 dan pada pukul 12.57 solar cell bergerak menghadap sudut 67,5.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah disajikan dalam bab iv, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Desain pengembangan sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR dengan penataan range antar sensor 15° mampu mendeteksi keberadaan sinar matahari dengan baik sehingga dari pembacaan sensor tersebut mampu menaikkan *efisiensi solar cell*. dan dari segi komponen menjadi lebih efisien dan efektif.
 - Nilai performa yang di hasilkan *solar cell* dengan sistem kontrol berbasis LDR. Dari penggunaan dua variabel yakni 8 sensor dengan range antar 15° dan 20°, terlihat penggunaan yang lebih efektif dari range antar sensor 15°. untuk lebih jelasnya sebagai berikut:
 - Penggunaan 8 sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) dengan range antar sensor 15° memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 13,94 % dan memiliki nilai efisiensi terendah sebesar 11,91 %, dengan efisiensi rata – rata sebesar 12,66 %, sedangkan
 - Penggunaan 8 sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) dengan range antar sensor 20° memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 13,56 % dan memiliki nilai efisiensi terendah sebesar 11,16 %, dengan efisiensi rata – rata sebesar 12,20 %.
- Dari hasil tersebut membuktikan bahwasannya pengembangan sistem kontrol berbasis LDR lebih baik dari yang sebelumnya, walaupun dari segi biaya mencapai 1,8 juta namun dirasa sebanding dengan hasil performa dan efisiensi yang dihasilkan, karena terbukti dari sistem kontrol yang sebelumnya hanya 6,73 % efisiensinya menjadi 12,66 % hampir dua kali lipatnya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan di atas, terdapat beberapa saran yakni sebagai berikut:

- Penelitian selanjutnya diharapkan ada pengembangan sistem kontrol solar cell pada pergerakan matahari secara tahunan yaitu sudut pergerakan vertical axis yaitu pergerakan solar cell dengan sumbu pergerakan Z dan X

- Penelitian selanjutnya diharapkan ada pengembangan permodelan sistem kontrol yang lain agar tercapai nilai efisiensi solar cell yang baik.
- Penelitian selanjutnya diharapkan ada perbandingan antara penelitian ini dengan sistem kontrol menggunakan sensor timer untuk melacak pergerakan posisi sudut matahari.
- Diharapkan penelitian selanjutnya dapat membandingkan nilai efisiensi desain sistem kontrol yang penulis rancang (dinamis) dengan nilai efisiensi solar cell yang tidak menggunakan sistem kontrol (statis).
- Diharapkan ada penelitian dan pengembangan terhadap sensor baik dari segi variasi sudut yakni penggunaan range 10° antar sensor, atau dari segi jumlah sensor LDR nya yakni penambahan jumlah sensor LDR.

- Sugondo. 2013. “Studi Peningkatan Mutu Pembuatan Dan Rekondisi Pegas Ulir Jis G4801 Sup 9 Di Balai Yasa Pt. Kereta Api Indonesia Manggarai Jakarta”. PTM IKIP Veteran Semarang. Vol. 20, No 2, Juni 2013.
- Sularso. dan Suga, k. 1997. *Dasar dan Perencanaan Elemen Mesin*. Jakarta: Padya Paramittha.
- Wibowo. 2011. “Perancangan Karakteristik Sistem Suspensi Semi Aktif Untuk Meningkatkan Kenyamanan Kendaraan”. Jurusan Teknik Mesin. Vol. 10, No 1, September 2011.
- Yanuarta, Dana Dwi dkk. 2009. *Makalah Pengantar Teknologi Energi: Energi Surya*. Makalah tidak diterbitkan. Jember : Universitas Jember.
- Yoshitake, Jake . 2016. *Solar Tracker*, (online), (<https://www.britannica.com/>), diakses 5 Maret 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, Pipit Sakti. 2013. “Miniatur Sistem Solar Cell Berbasis Mikrokontrol PIC16F877”. *Journal of Electrical and Electronics*. Vol. 3 (2): hal. 39-53
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). 2014. *Data Potensi Energi Surya 2014*. Jakarta: BPPT.
- Firmansyah. 2015. Rancang Bangun Sistem Kontrol Penggerak Panel Sel Surya Berbasis *Programmable Logic Controller*. Politeknik Swadharma.
- Hambali, Selamat. 2013. *Ilmu Falak : Arah Kiblat Setiap Saat*. Yogyakarta.
- Irawan, Irfan Panca. 2016. “ Analisis Sistem Kontrol Solar Cell Dengan Acuan Pergerakan Matahari Berbasis Sensor Ldr (Light Dependent Resistor)”. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 4 (03): hal. 419-426.
- Kusuma, Yudhy Wiranatha Jaya. Noer Soedjarwanto. Et.all. 2015. Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor *Photodiode* Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. Lampung. Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
- Media, Rifki. 2009. *Bagaimana Cara Kerja Solar Cell ?*, (online), (<https://rifkymedia.wordpress.com/>), diakses 2 Maret 2017).
- Nugraha, Tutun & Didik Sunardi. 2012. *Seri Sains Energi Terbarukan: Energi Surya*. Jakarta: PT. Pelangi Ilmu Nusantara.
- Perdana, Pramudya Nur . 2012. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, (online), (<http://jendeladenngabei.blogspot.co.id/>), diakses 5 Maret 2017).
- Septina, Wilman. 2013. *Sel Surya : Struktur & Cara Kerja*, (online), (<https://teknologisurya.wordpress.com/>), diakses 5 Maret 2017).
- Sugiono. 2003. *Metode Penelitian Bisnis*. Cetakan kelima. CV Alfabeta Bandung.