ANALISIS SISTEM KONTROL SOLAR CELL DENGAN ACUAN PERGERAKAN MATAHARI BERBASIS SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR)

Irfan Panca Irawan
S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: irfanpancakawok55@gmail.com

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

Abstrak

Kebutuhan energi masyarakat Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Hal ini berbanding terbalik dengan pola konsumsi energi dan energi fosil terus berkurang. Energi fosil merupakan energi yang menjadi bahan utama dari pembangkit listrik. Sisa penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan *global warming* dan polusi. Selain dari faktor alam, krisis energi juga dipengaruhi dari faktor ekonomi. Salah satu cara untuk mengatasi dan mengantisipasi krisis energi yaitu dengan menggunakan energi alternatif. Energi elternatif merupakan energi yang dapat diperbarui dan tidak dapat habis. Disini energi alternatif yang diguanakan yaitu *solar cell*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dimana *solar cell* akan dikontrol menjadi sistem *solar cell* yang mampu mengitkuti pergerakan matahari. *Solar cell* akan dilengkapi sensor *light dependent resisto* (LDR) agar dapat membaca intensitas cahaya yang paling tinggi. Teknik analisa data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi *solar cell* yang menggunakan sistem kontrol berbasis sensor *light dependent resistor* (LDR) dengan acuan pergerkan matahari.Penelitian tentang sistem kontrol *solar cell* berbasis sensor LDR (*light dependent resistor*) yang dilakukan diharapkan, dapat memperoleh nilai efisiensi *solar cell* yang tinggi. Penelitian sistem kontrol *solar cell* berbasis sensor LDR (*light dependent resistor*) ini memiliki variabel jumlah sensor yang di gunakan berjumlah 3,5,dan 6 sensor LDR (*light dependent resistor*). Berdasarkan data pengujian penggunaan jumlah sensor LDR terbaik terdapat pada penggunaan 6 sensor LDR (*light dependent resistor*), dikarenakan memiliki nilai persentase efisiensi tertinggi yaitu sebesar 6,73% dan memiliki rata-rata selisih kemiringan sudut terkecil yaitu sebesar $7{,}29^0$. Berdasarkan data pengujian 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* .Terlihat penggunaan sensor 6 LDR (*light dependent resistor*) memiliki nilai efisiensi yang lebih stabil di bandingkan varibel yang menggunakan jumlah sensor LDR 3,4 dan 5.

Kata kunci : *Solar Cell*, *Light Dependent Resistor*, Pergeraka matahari, Efisiensi *Solar Cell*

Abstrack

Indonesian society's energy needs continue to rise along with population growth. It is inversely proportional to the pattern of energy consumption and dwindling fossil energy. Fossil energy is the energy that is the primary constituent of the power plant. Residual use of fossil fuels produces global warming and pollution. Apart from the natural factors, the energy crisis is also influenced by economic factors. One way to overcome and anticipate the energy crisis that is by using alternative energy. An alternate energy is a renewable energy and can not be discharged. Here diguanakan alternative energy, namely solar cell. This research was conducted using the experimental method in which the solar cell to be controlled into a solar cell system capable mengitkuti movement of the sun. Solar cells will be equipped resisto dependent light sensor (LDR) to read the light intensity is highest. Data analysis technique in this research using descriptive data analysis that describes the results of research in the form of tables and graphs. The purpose of this study was to determine the efficiency of the solar cell using a sensor-based control systems, light dependent resistor (LDR) with reference pergerkan matahari.Penelitian of the control system of the solar cell sensor based LDR (light dependent resistor) undertaken expected, can obtain high-efficiency solar value cell high. Research-based solar cell control system sensor LDR (light dependent resistor) has a variable number of sensors in use 3,5, and 6 sensor LDR (light dependent resistor). Based on test data using the number of sensors contained

in the use of the best LDR 6 sensor LDR (light dependent resistor), due to have the highest efficiency percentage value that is equal to 6.73% and has an average difference of the tilt angle is equal $7{,}29^0$ smallest. Based on test data with the increasing number of sensors LDR (light dependent resistor) used an effect on the average value of the difference between the tilt angle and the impact on the solar cell efficiency results that produced solar cell sensor 6 .Terlihat use LDR (light dependent resistor) has a value of efficiency more stable in comparison variables that use LDR sensor number 3, and 5.

Keywords: Solar Cell, Light Dependent Resistor, Movement sun, Efficiency Solar Cell

PENDAHULUAN

Saat ini energi merupakan masalah utama dan vital bagi beberapa negara, tidak terkecuali di Indonesia. Banyak krisis energi yang menjadi masalah secara berkelanjutan. Sumber-sumber energi seperti energi fosil yang notabene tidak dapat diperbarui, terus dieksploitasi secara ekstrem. Sedangkan sisa penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan global warming dan polusi. Selain dari faktor alam, krisis energi juga mempengaruhi faktor ekonomi. Kebutuhan energi masyarakat Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Hal ini berbanding terbalik dengan pola konsumsi energi dan energi fosil yang terus berkurang. Energi fosil merupakan energi yang umumnya menjadi bahan bakar utama dari pembangkit listrik. Penggunaan energi fosil yang tidak mampu memenuhi kebutuhan energi nasional mengakibatkan Indonesia harus mengimpor minyak pada tahun 2014, tercatat sebesar 32 juta kiloliter (Agung W.K, 2014). Dan berdasarkan data, Indonesia menjadi negara importir minyak terbesar ke-2 di dunia (Pustadin ESDM, 2015). Hal ini sangat ironis, mengingat Indonesia mempunyai banyak sumber daya alam namun tidak dapat mengolah sumber daya alam tersebut menjadi bahan bakar jadi. Dan apabila tidak dilakukan antisipasi lebih lanjut, maka Indonesia akan mengalami krisis energi yang berkepanjangan.

Salah satu cara untuk untu mengantisipasi krisis energi yaitu dengan menggunakan energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang dapat diperbarui dan tidak dapat habis. Energi alternatif sendiri dapat dikonversi menjadi pembangkit listrik. Akan tetapi, beberapa pembangkit listrik energi alternatif bergantung pada situasi dan keadaan alam dan bahan bakar. Disini energi alternatif yang digunakan yaitu solar cell. Meskipun solar cell merupakan energi alternatif yang baik, solar cell memiliki beberapa kekurangan. Solar cell dapat menghasilkan listrik apabila intensitas gelombang cahaya yang mengenai solar cell dapat terpenuhi. Sehingga bila 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 Light Dependent Resitor (LDR). Agar daya yang diserap oleh solar cell dapat dikonversikan menjadi listrik secara maksimal pada saat siang hari. Sistem kontrol berbasis sensor light dependent resistor (LDR) ini berfungsi sebagai pelacak keberadaan matahari.

Rumusan masalah

Rumusan masalah dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam analisis sistem kontrol *solar cell* dengan acuan pergerakan matahari berbasis sensor LDR (*light dependent resistor*) :

- Bagaimana mendesain sistem kontrol *solar cell* dengan acuan pergerakan matahari berbasis sensor LDR(*light dependent resistor*) ?
- Bagaimana komponen sistem kontrol *solar cell* dengan acuan pergerakan matahari berbasis sensor LDR(*light dependent resistor*)?
- Bagaimana peforma *solar cell* berbasis sensor LDR(*light dependent resistor*)

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisi karakteristik sistem kontrol deteksi cahaya matahari pada pembangkit listrik tenaga *hybrid* berbasis *solar cell* dan *fuel cell* adalah :

- Untuk mengetahui cara mendesain sistem kontrol *solar cell* dengan acuan pergerakan matahari berbasis sensor LDR (*light dependent resistor*).
- Untuk mengetahui komponen apa saja yang digunakan pada sistem kontrol *solar cell* dengan acuan pergerakan matahari berbasis sensor LDR (*light dependent resistor*).
- Untuk mengetahui peforma *solar cell* berbasis sensor LDR (*light dependent resistor*).

Manfaat Penelitian

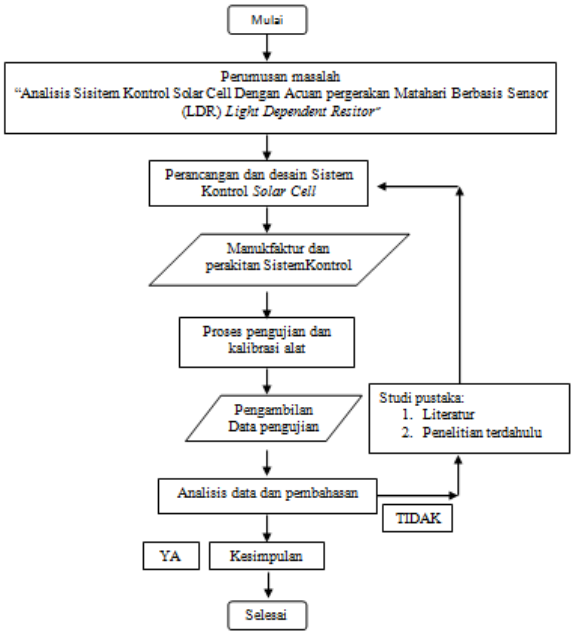
- Bagi Mahasiswa
  - Mahasiswa memperoleh pengetahuan baru tentang energi alternatif yaitu *solar cell.*
  - Mahasiswa mampu merancang sistem kontrol *solar cell* berbasis sensor (LDR) *light dependen resistor* sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan.
  - Mahasiswa dapat mengetahui peforma *solar cell* dengan sistem kontrol berbasis sensor (LDR) *light dependen resistor*
  - penelitian tugas akhir ini untuk memenuhi syarat kelulusan di Univeritas Negeri Surabaya.
- Bagi Dosen
  - Menjadikan model pembangkit listrik *solar cell* dengan Acuan Pergerakan Matahari dimana *solar cell* menggunakan *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai bahan visualisasi dan praktek mata kuliah pada konsentrasi Konversi Energi.

- Menambah pengayaan bahan ajar untuk konsentrasi Konversi Energi yang berhubungan dengan *solar cell*.

- Bagi Masyarakat
  - Memberikan informasi mengenai energi alternatif sebagai pengganti energi fosil.
  - Sebagai pengenalan tentang pemanfaatan energi alternatif sebagai pembangkit listrik

METODE

Rancangan Penelitian



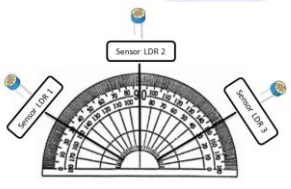
Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat Penelitian

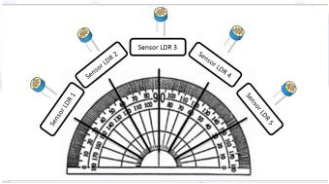
Pembuatan Sistem Kontrol *Solar cell* Berbasis Sensor LDR (*Light Dependent Resistor)* dilakukan di Laboratorium Termodinamika Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya (UNESA).

Variabel yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

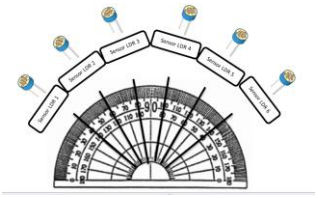
- Variabel Variasi Penggunaan sensor LDR 3,5,dan 6.



Gambar 2. Susunan Derajat 3 Sensor LDR

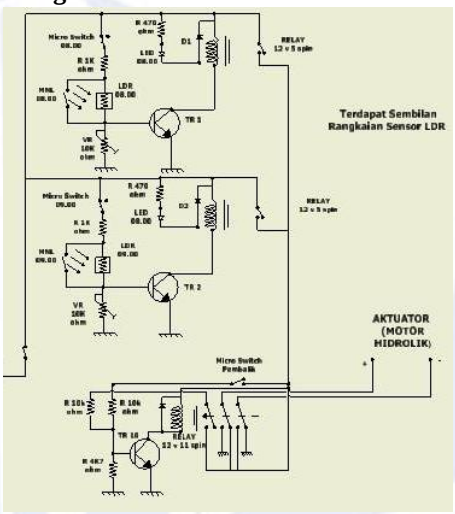


Gambar 3. Susunan Derajat 5 Sensor LDR



Gambar 4. Susunan Derajat 6 Sensor LDR

Desain Rangkai an Sistem Kontrol



Gambar 5. Desain Sistem Kontrol *Solar Cell*

Cara Kerja alat:

- Terdapat beberapa buah LDR sebagai sensor pembaca intensitas cahaya dari matahari yang diletakan di setiap sudutnya di mulai dari pukul 08.00-16.00
- Inputan dari sensor LDR tersebut yaitu berupa besarnya intensitas cahaya matahari dengan besar minimal intensitas cahaya matahari 42 watt/m^2 yang dirubah menjadi sebuah tahanan, apabila intensitas cahaya yang di terima oleh LDR besar maka tahanan yang di hasilkan oleh sensor LDR akan semakin kecil. Sebaliknya apabila intensitas cahaya yang di terima oleh sensor LDR kecil maka nilai tahannan yang di hasilkan sensor LDR akan semakin besar.
- Tahanan yang menjadi *output* sensor LDR otomatis akan memiliki tegangan dan arus kecil pula.tegangan dan arus akan menjadi *input transistor* untuk di kuatkan.
- Nilai output dari transistor sendiri sendiri yaitu brupa tegngan dan arus yang sudah di kuatkan.
- Setelah mendapat nilai tegangan dan arus yang tertinggi, dan nilai tersebut akan menjadi nilai inputan relay.
- Pada relay nilai arus dan tegangan tersebut apabila nilai tegangan dan arus pada *relay* sesuai dengan nilai kapasitas *relay*. Maka *relay* akan ON dan arus dan tegangan tersebut akan menjadi nilai inputan motor hidrolig atau aktuator.
- Lalu *solar cell* akan bergerak
- Selanjutnya apabila posisi *solar cell* tegak lurus dengan matahari secara otomatis putaran motor

akan di putus oleh *mikro switch* dengan jalan merubah arus penguat yang di hasilkan oleh trasistor.

- Selanjutnya *solar cell* akan mengubah intensitas cahaya matahari sesuai posisinya mengarah pada posisi matahari.
- Solar cell akan mengubah intensitas cahaya matahari yang diterima menjadi energi listrik.

Desain Rangka Sensor LDR

Gambar 6**.** Desain Rangka Sensor LDR

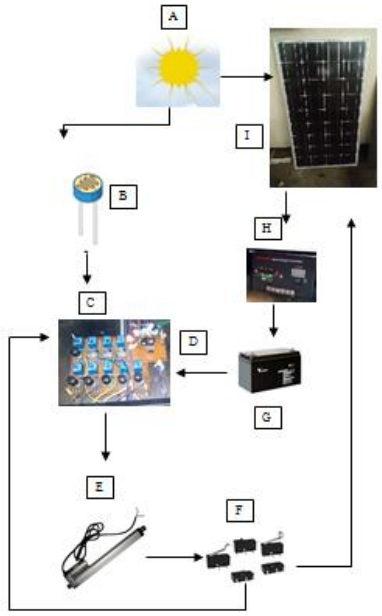
Desain bentuk dari rangka sensor LDR yang mana berungsi sebagai tempat sensor LDR. Dalam rancangan desain ini sensor LDR di letakkan pada pipa 0,5 *inch* dengan panjang pipa 30 cm. Pipa tersebut sebagai tempat sensor LDR juga sebagai pelurus sensor LDR agar sinar matahari yang di terima oleh sensor LDR lurus dan terpusat terhadap posisi Sensor LDR. Sensor ini di kalibrasi sesuai dengan tatanan sudut yang sudah di tentukan

Desain Rangka *Solar Cell*

Gambar 7**.** Desain Rangka *Solar Cell*

Gambaran mekanik rangka dari *solar cell* rangka tersebut berbusi sebagai tempat berdirinya solar cell. Selain itu rangka ini berfungsi sebagai rangka mekanik agar *solar cell* terposisikan menghadap matahari. Pada desain ini *horizontal exis* dikendalikan oleh sebuah motor hidrolik yang mana motor tersebut berfungsi sebagai aktuator agar supaya *solar cell* dapat menghadap matahari. Dalam hal ini *horizontal exis* di gunakan untuk pergerakan matahari secara harian dari pukul 08.00 sampai 16.00. Sedangkan untuk *vertical exis* hanya menggunakan penyetelan secara manual dengan menggunakan mur dan baut *vertical exis* berfungsi sebagai penyetel pergerakan matahari secara tahunan.

Skema Sistem Kontrol *Solar Cell*



Gambar 8**.** Skema Sistem Kontrol *Solar Cell*

Keterngan :

A : Sinar Matahari
B : LDR (*Light Dependent Resistor)*
C : Sistem Kontrol *Solar Cell*
D : *Load DC*
E : Motor Hidrolig / *actuator*
F : *Micro Switch*
G : Baterai
H : *Solar Charge*
I : *Solar Cell*

Sekema di atas bahwamatahri memegang peranan penting sebagai penentu pergerakan *solar cell* dapat dilihat bahwa matahari sebagai inputan intensitas cahaya untuk di olah menjadi nilai imputan sensor LDR agar posisi *solar cell* sesuai dengan sudut kemiringan matahari. dari skema dia ats juga di jelaskan bahwa sisitem kontrol *solar cell* sebagai pengolah intensitas cahaya menjadi penyuplai daya ke mator agar motor/aktuator dapat begerak. Selain itu *micro switch* sebagai pemutus putaran motor apabila solar cell sudah berada tepat dengan sudut kemiringan matahari. Setelah itu *solar cell* akan menghasilkan daya, Selanjutnya daya tersebut dihubungkan dengan *solar cherger* agar daya yang masuk di dalam *bateray* dapat dikontrol dan di batasi dan sistem pemngisian dalam *bateray* tidak mengalami *over chaerger.*

Bahan, Peralatan dan Instrumen Penelitian

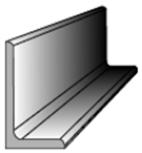
Peralatan dan instrumen merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian. Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Bahan Penelitian

- Rangka

  Bahan : Besi tipe L

  Fungsi : Sebagai dudukan dan pondasi dari alat



Gambar 9**.** Besi Plat L

Alat Penelitian

- Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)
  Fungsi : Sebagai sensor intensitas cahaya dengan besar intensitas cahaya minimal sebesae 42 watt/m2

Gambar 10.*Light Dependent Resistor*

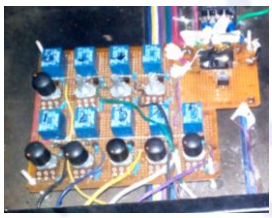
- *Inverter*
  Fungsi : Mengubah arus DC menjadi AC

Gambar 11. *Inverter*

- Baterai
  Fungsi : Menyimpan energi listrik

Gambar 12. Baterai

- Sistem Kontrol Solar Cell
  Fungsi :Memberikan inputan kontrol pada motor hidrolik agar bergerak sesaui dengan pergerakan matahari

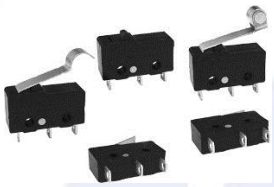


Gambar 3.13, Sistem Kontrol Solar Cell

- Motor hidrolik / aktuator
  Fungsi : Sebagai penggerak dan pengatur posisi *solar cell*

Gambar 14. Motor Hidrolik / aktuatot

- *Micro Switch*
  Fungsi :Sebagai pemutus putaran aktuator atau motor hidrolig agar posisi *solar cell* sesuai dengan posisi pergerakan matahari



Gambar 15. *Micro Switch*

- *Solar Cell*
  Spesifikasi:

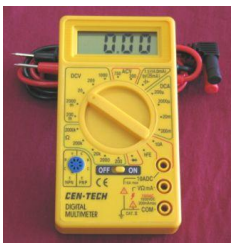
Tabel 1 Data Spesifikasi Teknik Modul Surya 100 WP

Spesifikasi Modul Surya	
Model	SP-100-m36
Max Voltage (Vmp)	17,8 V
Max Current (Imp)	5,62 A
Open Circuit Volatge (Voc)	22,4 V
Short Circuit Currrent (Isc)	5,79 A
Max Power at STC (Pmax)	100 W
Max System Voltage	DC 700 V
Weight	6,5 kg
Dimension	1190x550x30 mm
Number of Cells	36
Temperature Range	45 ^{o}C – 80 ^{o}C

Gambar 16. Modul Surya

Instrumen Penelitian

- Voltmeter
  Fungsi : Sebagai pengukur voltase atau tegangan



Gambar 17. Voltmeter

- Amperemeter

Fungsi : Sebagai pengukur arus

Gambar 18. Amperemeter

- Solar Power Meter

Fungsi : Sebagai pengukur intensitas energi surya

Gambar 19. Solar Power Meter

Metode Penelitian

- Variabel Bebas
  Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pemberian sensor *light dependent resistor* (LDR) pada modul surya.
- 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 Variasi jumlah pemgunaan sensor LDR 3,5,6 pada sistem kontrol *solar cell* serta pengambilan data pada jam 08.00 – 16.00 WIB.
- Variabel Terikat
  Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah pengukuran daya, dan efisiensi *solar cell* .

Prosedur Penelitian

- Tahap Persiapan
  - Mendesain model sistem kontrol *solar cell* berbasis sensor (LDR) *light dependent resistor* dengan acuan pergerakan matahari.
  - Survei dan belanja perlengkapan dan alat-alat yang akan digunakan.
  - Menyiapkan *instrumen* dan alat ukur.
- Tahap *Assembly*
  - Memasang sensor LDR pada modul surya.
  - Kalibrasi posisi sensor LDR terhadap datangnya sianar matahari
  - Perakitan sistem kontrol LDR dan pemasangan *solar cell*
  - Memasang sistem kelistrikan.
- Tahap Percobaan
  - Siapkan *solar cell* berbasis sensor LDR
  - Set posisi sudut sensor LDR dari pukul 08.00 WIB s.d. 16.00 WIB.
  - Set posisi pergantian *solar cell* dari pukul 08.00 s.d. 16.00.
  - Ukur arus, voltase keluaran, dan intensitas energi surya dengan menggunakan amperemeter, voltmeter, dan solar power meter tiap 15 menit dari pukul 08.00 s.d. 16.00

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data merupakan suatu proses yang sangat penting dalam mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah daya yang dihasilkan dan bagaimana efisiensinya. Teknik pengumpulan data penelitian ini memakai teknik eksperimen, yaitu mengukur dan menguji objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Rencana hasil penelitian dapat dilihat untuk pengambilan data dilakukan setiap selama 1 hari untuk setiap jumlah penggunaan sensor LDR atau pengambilan data dilakukan selama 3 hari hari di setiap harinya data akan di ambil setiap 15 menit sekali atau sebanyak 33 kali pengambilan data dalam sehari , dari data tersebut di peroleh nilai sebagai berikut dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Rencana Hasil Penelitian

Tabel Pengukuran Sistem Kontrol *Solar Cell* Berbasis LDR								
No	Alat	Jam	Sudut Solar Cell	Arus (A)	Volt (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (W/m^2)	Efisiensi *Solar Cell*
	Solar Cell 3 Buah LDR							
No	Alat	Jam	Sudut Solar Cell	Arus (A)	Volt (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (W/m^2)	Efisiensi *Solar Cell*
	Solar cell 4 buah LDR							
No	Alat	Jam	Sudut Solar Cell	Arus (A)	Volt (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (W/m^2)	Efisiensi *Solar Cell*
	Solar cell 5 buah LDR							
No	Alat	Jam	Sudut Solar Cell	Arus (A)	Volt (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (W/m^2)	Efisiensi *Solar Cell*
	Solar cell 6 buah LDR							

:

Rencanana Hasil penelitian di atas meliputi besarnya Sudut kemiringan *solar cell*,Arus,Volt,Daya, dan Itensitas cahaya yang dihasilkan di setiap 15 menit sekali. data tersebut dapat di hitung besarnya nilai efisiensi *solar cell* yang di hasilkan serta sudut kemiringan solar cell

berguna untuk menentukan selisih kemiringan *solar cell* terhadap sudut kemiringan matahari. dari perhitungan tersebut dapat di simpulkan varisai penggunaan jumlah sensor LDR yang mana paling baik dan yang paling *effektif*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Hasil Pengujian**

Berikut hasil pengujian yang sudah dilakukan:

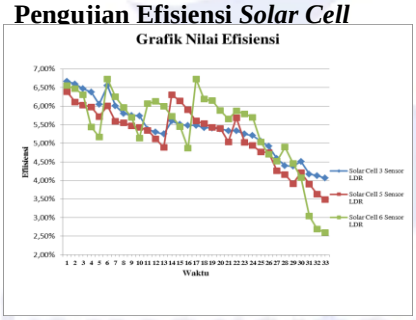
- **Pengujian Posisi *Solar Cell* Terhadap Ketepatan Posisi Matahari**

Tabel 3. Selisih Kemiringan *Solar Cell*

No	Waktu Pengujian	Jumlah Sensor yang digunakan	Rata-Rata Selisih Kemiringan *Solar cell*
1	2 desember 2016	3 sensor LDR	25,72°
2	5 desember 2016	5 Sensor LDR	11,42°
3	7 desember 2016	6 Sensor LDR	**7,29°**

Dari data tabel di atas dapat disimpulkan pengggunan sensor 3 buah Sensor LDR memiliki rata-rata selisih kemiringan sudut sebesar 25,72°, penggunaan 5 buah Sensor LDR memiliki rata-rata selisih kemiringan sudut sebesar 11,42°, penggunaan 6 buah Sensor LDR memiliki rata-rata selisih kemiringan sudut sebesar 7,29°. Pernyataan tersebut penggunaan jumlah sensor sangat berpengaruh terhadap besarnya rata-rata nilai selisih kemiringan *solar cell.* Sehingga dapat di simpulkan Penggunaan 6 sensor LDR adalah variabel yang sangat baik. Terlihat dari penyataan di atas *solar cell* dengan jumlah 6 sensor LDR memiliki nilai rata-rata selisih sudut kemiringan yang paling kecil yaitu sebesar 7,29°. Dapat di pastikan apabila memiliki nilai rata-rata selisih kemiringan *solar cell* terhadap kemiringn sudut matahari terkecil maka nilai efisiensi yang di hasilkan oleh *solar cell* akan semakin stabil.

- **Pengujian Efisiensi *Solar Cell***



Gambar 19. Grafik Efisiensi

Nilai efisiensi terdapat pada penggunaan 6 sensor LDR di karenakan memiliki kenaikan efisiensi yang lebih banyak di bandingan variabel yang lain. Dari data di atas kenaikan 6 sensor LDR terdapat pada pukul 08.00 sebesar 6,55% ,pukul 09.15 sebesar 6,73%, pukul 10.45 sebesar 6,13% ,pukul 12.00 sebesar6,73% pukul 13.15 sebesar 5,87% , dan terakir pada pukul 14.45 sebesar4,90%.Untuk mengetahui lebih jelasnya bisa di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Nilai Efisiensi Solar Cell

No	Jam	Effisiensi Solar Cell 3 LDR	Efisiensi Solar Cell 5 LDR	Efisiensi Solar Cell 6 LDR
1	08.00	**6,67%**	**6,39%**	**6,55%**
2	08.15	6,60%	6,11%	6,47%
3	08.30	6,47%	6,03%	6,31%
4	08.45	6,38%	5,98%	5,44%
5	09.00	6,05%	5,72%	5,17%
6	09.15	6,55%	**6,01%**	**6,73%**
7	09.30	6,01%	5,59%	6,25%
8	09.45	5,80%	5,55%	5,97%
9	10.00	5,75%	5,47%	5,70%
10	10.15	5,74%	5,43%	5,14%
11	10.30	5,38%	5,35%	6,07%
12	10.45	5,30%	5,12%	**6,13%**
13	11.00	5,25%	4,89%	6,00%
14	11.15	**5,60%**	**6,31%**	5,73%
15	11.30	5,51%	6,14%	5,45%
16	11.45	5,48%	5,90%	4,87%
17	12.00	5,48%	5,60%	**6,73%**
18	12.15	5,42%	5,53%	6,19%
19	12.30	5,41%	5,43%	6,15%
20	12.45	5,39%	5,40%	5,88%
21	13.00	5,34%	5,04%	5,66%
22	13.15	5,34%	**5,69%**	**5,87%**
23	13.30	5,25%	5,02%	5,79%
24	13.45	5,21%	4,94%	5,70%
25	14.00	5,06%	4,77%	5,04%
26	14.15	4,92%	4,75%	4,70%
27	14.30	4,59%	4,26%	4,52%
28	14.45	4,40%	4,16%	**4,90%**
29	15.00	4,38%	3,91%	4,46%
30	15.15	**4,51%**	**4,21%**	4,08%
31	15.30	4,17%	3,90%	3,04%
32	15.45	4,13%	3,63%	2,69%
33	16.00	4,06%	3,49%	2,60%

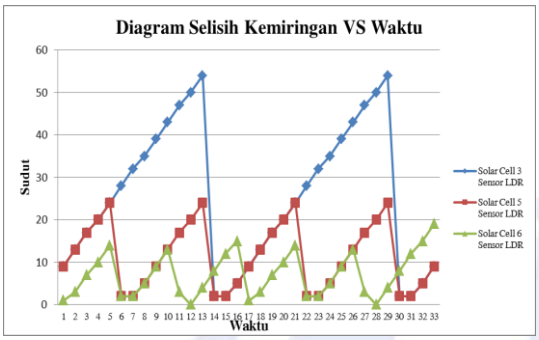
Rangkaian sistem kontrol *solar cell* berbasis sensor LDR ini memiliki 3 variabel jumlah sensor yaitu 3,5,dan 6 sensor LDR . Tata Letak sudut sensor LDR pada penelitian ini pembagian sudutnya di bagi rata sesuai dengan sudut pergerakan matahari. Sudut pergerakan *solar cell* pada sistem kontrol ini bergerak sesuai dengan tatanan posisi sudut sensor *LDR.* sehingga jumlah sensor yang digunakan sama dengan jumlah pergerakan dari solar cell. Sebagai contoh apabila menggunakan 5 sensor LDR maka jumlah pergerakan dari *solar cell* sebanyak 5 kali .Nilai efisiensi yang di hasilkan oleh *solar cell* adalah sebagai patokan apakah solar cell dengan variasi sensor tertentu memiliki nilai kesetabilan efisiensi yang baik

- **Analisis dan Pembahasan**

- **Pengaruh jumlah sensor LDR terhadap kasetabilan efisiensi *Solar Cell***

Ditunjukkan oleh gambar 19. Grafik efisiensi diatas pada garis berwana hijau yaitu penggunaan sensor LDR 6 buah memiliki nilai kenaikan efisiensi yang lebih banyak di bandingkan variasi penggunaan jumlah sensor lain dari pernyataan tersebut penggunaan variasi sensor terbaik adalah menggunakan jumlah sensor 6 dengan tatanan pembagian sudut sensor di bagi rata

- **Pengaruh Variasi Pengguaan jumlah Sensor LDR Terhadap Selisih Kemiringan Solar Cell**



Gambar 20. Grafik Selisih Kemiringan

Diagram diatas menjelaskan bahwa pengguaan sensor LDR terbaik di tunjuk oleh garis berwarna ungu yaitu penggunaan variasi sensor LDR dengan jumlah 6. Dikarenakan memiliki keaikan grafik selisih kemiringan yang kecil di bandingkan penggunaan dengan variabel yang lain. Dari penyataan tersebut dapat di simpulkan bahwa penggunaan jumlah sensor LDR berpengaruh terhadap besarnya selisih sudut kemiringan *solar cell* terhadap sudut kemiringan matahari.

KESIMPULAN DAN SARAN

- **Kesimpulan**

  Dari analisis data tersebut pada bab di atas dapat disimpulakan sebagai berikut:
  - Desain sistem kontrol solar cell berbasis sensor LDR mampu mendeteksi keberadaan sinar matahari pada pukul 08.00 – 16.00 sehingga dari pergerakan tersebut mampu menaikan *efisiensi solar cell*
  - Komponen pada sistem kontrol *solar cell* sangat bergantung pada penggunaan *variabel* jumlah sensor LDR dikarenakan tanpa adanya sebuah imputan intensitas cahaya pada sensor LDR tidak akan bisa menggerakkan sistem kontrol berbasis sensor LDR
  - Nilai performa yang di hasilkan *solar cell* pada penelitian ini mengalami peningkatan yang sangat stabil, Terlihat pada penggunaan sensor 6 LDR memiliki nilai efisiensi yang sngat stabil di bandingkan variabel penggunaan sensor 3,4, dan 5
- **Saran**

  Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :
  - Penelitian selanjutnya diharapkan ada pengembangan sistem kontrol *solar cell* pada pergerakan matahari secara tahunan yaitu sudut pergerakan vertical exis yaitu pergerakan *solar cell* dengan sumbu pergerakan Z dan X
  - Diharapkan penelitian selanjutnya melakukan pengambilan sempel penelitian lebih dari jumalah sempel peneliti, agar mendapatkan data penelitian yang lebih baik.
  - Penelitian selanjutnya diharapkan ada pengembangan permodelan sistem kontrol yang lain agar tercapai nilai efisiensi *solar cell* yang baik.
  - Penelitian selanjutnya diharapkan ada pengembangan penggunaan 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 penelitian selanjutnya pada saat proses pengambilan data tidak dilakukan pada saat musim hujan agar mendapat nilai efisiensi *solar cell* yang baik .

DAFTAR PUSTAKA

Anonymus. *Masalah Energi dan Upaya Pemanfaatan Energi Surya Secara Langsung Sebagai Salah Satu Energi Alternatif.* Proceding Seminar Sel Fotovoltaik Indonesia. LIPI_ITB. Bandung.

Anonim. *Buku Petunjuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rumah Tangga,* PT Gerbang Multindo Nusantara. Jakarta.

Benjamin C. Kuo, 1982, *Automatic Control Systems*, Prentice-Hall Of India, New Delhi.

Gratzel, 2004, *Conversion of sunlight to electric power by nanocrystalline dye-sensitized solar cells,* J. Photochem. Photobiol. A: Chem, 164, 3-14

Hamzah Hilal. 1993. *Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Wilayah Terpencil*. Presentasi

Ilmiah Lustrum VI Eletronika Universitas hasanudin. Ujung Pandang.

Jusuf Tedjo. *Listrik Sel Surya sebagai Energi Alternatif*, Jawa Pos.