

Optimalisasi Tracking Sistem Otomatis Untuk Menghasilkan Energi Maksimal Pada Panel Surya Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)

Tukiman¹, Dr. Ir. Suwarno, M.T², Dr. M. Fitra Zambak, M.sc³

^{1,2,3} Kampus Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217, Tegal Sari Mandala II, Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara 20371
e-mail: tukiman.wahoni@gmail.com

Abstrak— Solar sel adalah pengubah energi matahari menjadi tenaga listrik. Dalam sistem solar sel mempunyai tiga pengembangan teknologi untuk mengoptimalkan kinerjanya, yaitu teknologi bahan penyusun *Photovoltaic* (PV), teknologi *charging* melalui kecerdasan *solar charger controller* dan baterai, serta sistem kendali posisi untuk meningkatkan efisiensi penangkapan intensitas cahaya matahari. Posisi matahari yang selalu berubah terhadap permukaan bumi mengakibatkan solar sel hanya akan bekerja optimal pada siang hari saja. Untuk mengoptimalkan kinerja solar sel dapat dilakukan dengan pengaturan posisi permukaan solar sel selalu tegak lurus terhadap arah datangnya matahari sehingga meningkatkan perolehan energi listrik. Penelitian ini membahas tentang sistem kendali posisi untuk menggerakkan solar sel secara akurat pada sumbu Timur-Barat sesuai pergeseran matahari menggunakan motor DC serta smart relay SR3B101BD dengan input analog untuk mengendalikan motor dalam mencapai posisi yang diinginkan. Sistem membutuhkan pendeteksi perubahan intensitas cahaya matahari, dalam rancangan ini digunakan 2 LDR (*Light dependent resistance*) untuk menghasilkan error dan akan diproses dalam pemrograman FBD. Data analog yang dikeluarkan oleh LDR diubah ke data digital terlebih dahulu untuk dihitung untuk menentukan perputaran kanan dan kiri. Dari hasil menunjukkan bahwa kendali posisi otomatis solar sel mampu menggerakkan solar sel dengan resolusi 280° untuk Timur-Barat dan meningkatkan kinerja 0,34A (10,3 %) untuk arus serta setelah dikurangi konsumsi daya motor meningkatkan energi sebesar 31,276 Wh (9,58 %) dengan lama pengambilan data selama 8 jam pukul 08.00 sd 16.00 WIB.

Kata kunci : Solar Sel, Smart Relay, Kendali Posisi

Abstract— *Solar cells the converter of solar energy into electrical power. The solar cell system has three technological developments to optimize its performance, namely Photovoltaic (PV) building material technology, charging technology through intelligent solar charger controllers and batteries, and a position control system to increase the efficiency of capturing sunlight intensity. The position of the sun which is always changing with respect to the earth's surface causes solar cells to only work optimally during the day. To optimize the performance of solar cells, it can be done by setting the surface position of the solar cells to always be perpendicular to the direction of the sun, thereby increasing the acquisition of electrical energy. This study discusses the position control system to move the solar cell accurately on the East-West axis according to the sun's shift using a DC motor and a SR3B101BD smart relay with analog input to control the motor in achieving the desired position. The system requires detecting changes in sunlight intensity, in this design 2 LDR (Light dependent resistance) are used to generate errors and will be processed in FBD programming. Analog data issued by the LDR is converted to digital data first to be calculated to determine the right and left rotation. The results show that the automatic position control of the solar cell is able to drive the solar cell with a resolution of 280° for East-West and increase the performance of 0.34A (10.3%) for current and after deducting motor power consumption it increases energy by 31,276 Wh (9.58%) with the length of data collection for 8 hours from 08.00 to 16.00 pm.*

Keywords : Solar Cell, Smart Relay, Position Control

I. PENDAHULUAN

Sumber energi terbarukan memainkan peran penting dalam pembangkit tenaga listrik. Ada berbagai sumber terbarukan yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik, seperti energi surya, energi angin, panas bumi. Solar Energi adalah

pilihan yang baik untuk pembangkit tenaga listrik, karena energi surya secara langsung diubah menjadi energi listrik oleh modul surya fotovoltaik. Modul ini terdiri dari sel-sel silikon. Banyak sel-sel tersebut dihubungkan secara seri untuk mendapatkan modul *Photovoltaic* (PV) surya. Nilai arus modul

meningkat ketika penangkapan sinar matahari meningkat, dan sebaliknya. Ketika banyak modul PV tersebut dihubungkan secara seri dan paralel kombinasi mendapatkan array PV yang cocok untuk memperoleh output daya yang lebih tinggi.

Konsep yang sederhana dimiliki oleh *Solar Cell* dimana proses pengubahan bentuk energi dari energi tenaga surya menjadi energi listrik. Seperti diketahui bahwa tenaga surya, merupakan suatu energi yang ditimbulkan dari alam. Aktifitas *Solar cell* dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari sesuai dengan kapasitas alat yang diinstalasikan guna pemenuhan kebutuhan. Melalui konsep ini, sering digaungkan bahwa sistem solar sel sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. (Rislima, 2011). Melalui sistem solar cell yang digunakan terdiri dari panel *solar cell*, serangkaian sistem kontroler pengisian (*charge controller*), dan penampung arus (*battere*) 12 volt yang bebas perawatan.

Aplikasi untuk energi surya dalam beberapa tahun terakhir meningkat pesat, dan yang perlu untuk ditingkatkan adalah materi dan metode yang digunakan untuk memanfaatkan sumber daya ini. Faktor utama yang mempengaruhi efisiensi proses pengumpulan adalah efisiensi sel surya, intensitas radiasi sumber dan teknik penyimpanan. Efisiensi sel surya dibatasi oleh bahan yang digunakan dalam pembuatan sel surya. Hal ini sangat sulit untuk melakukan perbaikan yang cukup besar dalam kinerja sel, dan karenanya membatasi efisiensi proses pengumpulan keseluruhan. Oleh karena itu, peningkatan intensitas radiasi yang diterima dari matahari adalah salah satu metode untuk meningkatkan kinerja tenaga surya. Ada tiga pendekatan utama untuk memaksimalkan ekstraksi daya di sistem surya sel. Mereka adalah pelacakan matahari, *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) atau keduanya.

Pada penelitian ini memanfaatkan sistem kendali terprogram standar industri yaitu smart relay dari schneider dengan input digital dan analog. Smart relay nantinya akan berfungsi secara terus menerus membaca sensor *Light Dependent Resistance* (LDR) sebagai bagian yang peka terhadap cahaya, dua LDR dibutuhkan untuk mengoreksi posisi solar sel tegak lurus terhadap matahari. Motor DC diperlukan untuk memutar mekanik kekanan dan kekiri untuk mengarahkan posisi solar sel tegak lurus dengan matahari sepanjang hari.

Sistem pengikut Matahari ini sudah pernah dibuat oleh dua peneliti sebelumnya dengan menggunakan kontrol analog tanpa program, aktuator dengan motor DC dan menggunakan kontrol digital terprogram dengan algoritma *Proportional Derivatif* (PD), menggunakan aktuator motor DC dengan PWM. Dengan sistem ini sudah berhasil membuat pengikut matahari menggunakan kontrol tanpa program, namun mempunyai kelemahan antara lain tidak dapat secara tepat mengikuti perpindahan posisi matahari, sehingga tingkat efisiensi penyerapan sinar matahari tidak optimal. Untuk

memperbaiki masalah yang ditimbulkan dalam dua penelitian di atas, maka peneliti berupaya untuk mengembangkan sebuah sistem Penjejak Matahari yang lebih tepat dalam mengenal dan mendeteksi kedudukan Matahari, dengan perubahan posisi yang tepat dan sesuai dengan pergerakan matahari.

Penelitian ini membahas tentang rancang bangun sistem pelacakan matahari untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya dirancang secara *real time*. Mekanisme pelacakan terdiri dari modul mekanik, PV, motor, sensor, input/ output antarmuka dan smart relay, hal ini bertujuan untuk melacak matahari dan menjaga sel surya selalu menghadapi matahari di sebagian besar waktu dalam sehari.

II. STUDI PUSTAKA

Sistem Pengikut Matahari adalah sebuah sistem yang bekerja untuk mendeteksi posisi matahari. Posisi Matahari yang tepat diperlukan untuk proses optimalisasi pengisian solar sel. Solar sel biasa digunakan untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Dengan mengetahui posisi matahari yang tepat, maka papan solar sel akan mampu menangkap cahaya lebih banyak dari pada hanya dalam posisi diam [1].

Sistem pengikut Matahari atau system yang bekerja mendeteksi arah gerak matahari ini sudah pernah dibuat oleh dua peneliti sebelumnya, yaitu :

1. Dalam sistem ini peneliti menggunakan kontrol analog tanpa program, aktuator dengan motor DC tanpa PWM [2]. Dengan sistem ini sudah berhasil membuat pengikut matahari menggunakan kontrol tanpa program, namun mempunyai kelemahan yaitu :
 - a. Tidak dapat secara tepat mengikuti perpindahan posisi matahari, sehingga tingkat efisiensi penyerapan sinar matahari tidak optimal;
 - b. Masih Menggunakan rangkaian pembanding analog menggunakan *op- amp*;
 - c. Output menggunakan motor DC dengan cara pengendalian on-off tanpa pengaturan sistem kecepatan putaran sehingga gerakan kasar;
 - d. Saat sistem menemukan matahari, belum ada sistem *stand by* untuk menghemat arus;
 - e. Lebar sudut gerakan mekanik dari posisi timur-barat dan utara-selatan belum lebar.
2. Pada penelitian ini, Sistem Pengikut Matahari yang dibuat menggunakan kontrol digital terprogram dengan algoritma *Proportional Derivatif* (PD), menggunakan aktuator motor DC dengan PWM [3]. Adapun kelemahan sistem ini adalah :

- Sistem kecerdasan menggunakan PID dengan output PWM;
- Saat sistem menemukan matahari, belum ada sistem *stand by* untuk menghemat arus;
- Lebar sudut gerakan mekanik dari posisi timur-barat dan utara-selatan belum lebar;
- Sistem mekanik masih menggunakan tali dan sistem bandul sehingga masih banyak energi terbuang.

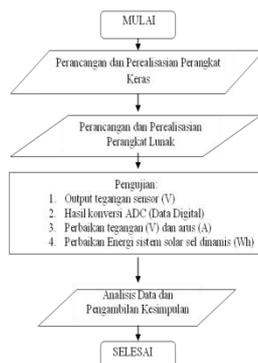
Untuk memperbaiki masalah yang ditimbulkan dalam dua penelitian di atas, maka peneliti berupaya untuk mengembangkan sebuah sistem Penjejak Matahari yang lebih tepat dalam mengenal dan mendeteksi kedudukan Matahari, dengan perubahan posisi yang tepat dan sesuai dengan pergerakan matahari. Dengan demikian, diharapkan tingkat efisiensi dari Sistem Penjejak Matahari yang dibuat dapat menjadi lebih baik. Untuk itu, peneliti menggunakan sistem kendali yang dapat merespon dengan tepat setiap perubahan kedudukan matahari. Setiap terjadi perubahan kedudukan matahari, maka sistem akan segera memberi umpan balik, berupa perubahan posisi dan kedudukan modul panel surya tepat mengarah posisi matahari baik pada sumbu Timur-Barat.

III. METODE

Penelitian ini, telah disusun serangkaian metode penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pada penelitian yang dilakukan dapat digambarkan beberapa metode, mulai dari pemasangan instalasi hingga pengujian dan pengambilan data. Penelitian ini mengaplikasikan sebuah alat tracking untuk mengoptimalkan energi matahari yang diterima oleh panel surya.

A. Diagram Alir Penelitian

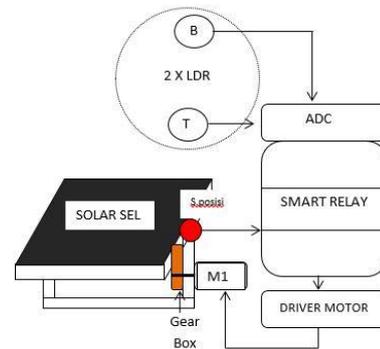
Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur terhadap sistem serupa yang pernah dibuat sebelumnya. Kelemahan dan kekurangan sistem diperbaiki dengan menggunakan metode baru yang lebih akurat. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Bentuk dan Strategi Penelitian

Penulisan tesis ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan menggunakan pendekatan masalah yang bersifat aplikatif, yaitu yang dimulai dari perencanaan dan perealisasiannya alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Gambar 2 menunjukkan diagram blok model prototype.



Gambar 2. Diagram Blok Model Prototype

Dari keterangan pada gambar 3.2 dapat dilihat cara kerja peralatan :

- M1 adalah motor DC yang berfungsi menggerakkan solar sel posisi vertical (arah timur dan barat).
- Antara motor dan beban menggunakan gear box untuk mengubah jumlah putaran, menambah torsi, serta mengunci mekanik saat motor dimatikan.

C. Perancangan Hardware dan Peralisasian Tiap Blok

Agar perancangan dan perealisasiannya alat berjalan secara sistematis, maka perlu dirancang cara kerja alat yang menjelaskan secara garis besar sistem yang akan dibuat.

- Solar sel menghadap keatas, posisi nol.
- Setelah sistem dihidupkan Smart Relay membandingkan nilai Timur dan Barat,
 - Jika timur lebih terang maka solar sel bergerak ke timur (motor berputar kekanan) sampai nilai timur dan barat sama (artinya solar sel tegak lurus dengan matahari).
 - Jika barat lebih terang maka solar sel bergerak ke barat (motor berputar kekiri) sampai nilai timur dan barat sama (artinya solar sel tegak lurus dengan matahari).
 - Saat solar sel miring ke timur ada LS1 untuk mendeteksi batas miring ke timur. Jika aktif (*high*) dan mulai mengikuti matahari ke barat. Jika tetap mendeteksi

ingin lebih timur maka sistem akan diam.

- d) Saat solar sel miring ke barat ada LS2 untuk mendeteksi batas miring ke barat. Jika aktif (*high*) menandakan hari sudah sore kemudian kembali ke posisi timur.
- e) Dan siklus berulang saat pagi hari.

D. Perancangan Sensor Perubahan Intensitas Cahaya

Sensor ini menggunakan komponen utama LDR, yaitu resistor yang nilainya bisa berubah-ubah tergantung intensitas cahaya yang mengenainya. Bila intensitas cahaya turun nilai hambatan akan naik, dan bila intensitas cahaya naik hambatan akan turun. Namun dalam rancangan ini perubahan tersebut harus dalam bentuk perubahan tegangan untuk bisa diolah smart relay, sehingga dengan menambahkan 1 resistor serta bias tegangan 5V akan menjadi voltage divider dengan nilai yang berubah-ubah sesuai intensitas cahaya matahari.

Tabel 1. Perubahan Intensitas Cahaya

SAAT TERANG	SAAT GELAP
$R_{Tot}=2200+60=2260\Omega$	$R_{Tot}=2200+1000=3200\Omega$
$I=V/R$	$I=V/R$
$I=5/2260$	$I=5/3200$
$I=0.0022\text{Ampere}$	$I=0.0015\text{Ampere}$
$V=0.0022 \times 2200$	$V=0.0015 \times 2200$
$V=4,84\text{ Volt}$	$V=3,3\text{ Volt}$

E. Perancangan Kontrol

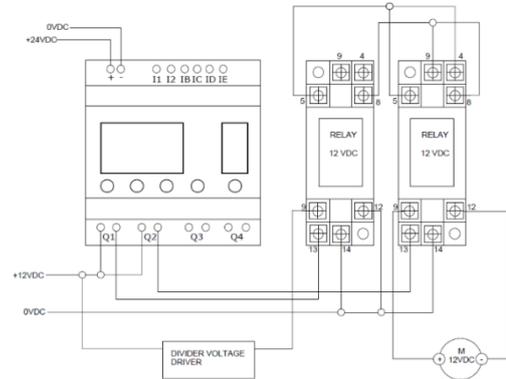
Pada alat ini digunakan sistem pengendali sebagai pusat dari pengolah data dan pengendali peralatan lainnya dan dipilih smart relay SR3B101BD karena :

1. Smart Relay SR3B101BD ini mempunyai internal ADC 4 kanal. Sedangkan pada peralatan ini membutuhkan 2 kanal ADC untuk 2 penjuror arah mata angin yang berpasangan untuk Timur-Barat. Dengan ADC 8 bit internal ini design hardware menjadi sederhana dan praktis.
2. Mempunyai 2 input digital untuk membaca batas pergerakan solar sel.
3. Pemrograman dapat dilakukan dengan ladder diagram dan FBD sehingga dapat lebih mudah dan praktis.
4. Smart relay type SR3B101BD menggunakan sumber DC, sangat tepat untuk aplikasi pengendalian solar sel.
5. Mempunyai output relay dan kestabilan standar industri.

F. Perancangan Driver Motor DC

Penggerak utama dalam rancangan ini adalah motor DC. Pengatur putaran motor DC dikendalikan oleh smart relay. Motor DC yang

digunakan bertegangan 12V, arus 2A. Karena kemampuan relay output relay dari smart relay hanya 1,5A untuk tegangan 24V, maka digunakan relay eksternal untuk mengamankan relay pada smart relay yang dikonfigurasi bisa melakukan pembalik polaritas. Dibutuhkan 2 buah relay dengan konfigurasi sebagai berikut.



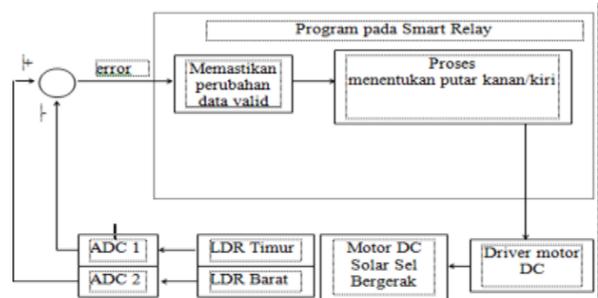
Gambar 3. Skematik Driver Motor dengan Motor DC

G. Perancangan dan Perealisasian Perangkat Lunak

Setelah mengetahui seperti apa perangkat keras yang dirancang dalam aplikasi kontrol ini maka dibutuhkan perangkat lunak sebagai pengendali dan pengatur kerja alat. Program dibuat dalam bentuk bahasa FBD (*Function Block Diagram*) menggunakan program Zelio Soft 2 Versi 5.3.1, yang secara garis besar dapat dibagi dalam sub-program – sub-program sebagai berikut :

1. Mode kalibrasi (manual) dan auto (*Tracking* otomatis matahari).
2. Sub-program pembacaan data ADC dan pengaturan gerakan motor DC.
3. Penyempurnaan gerakan motor terhadap perubahan cahaya yang sangat singkat agar gerakan motor stabil dan hemat energi.

Diagram proses eksekusi program pada smart relay dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Blok Perancangan Software

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat system kendali posisi solar sel mengikuti pergeseran matahari berbasis Smart

Relay SR3B101BD meliputi perangkat keras dan perangkat lunak sebagai pengendalinya. Hasil pengujian ini kemudian dianalisis dengan membandingkannya terhadap perencanaan. Pengujian dilakukan terhadap blok-blok sistem yang meliputi :

1. Pengujian output sensor perubahan intensitas cahaya.
 2. Pengujian hasil konversi ADC terhadap posisi perubahan matahari.
 3. Pengukuran perbandingan daya tangkap solar sel bergerak terhadap solar sel diam.
 4. Efisiensi yang diperoleh sistem solar sel menggunakan pengikut posisi matahari.
- A. *Pengujian Output Sensor terhadap Perubahan Intensitas Cahaya*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan keluaran LDR terhadap perubahan cahaya Matahari. Alat/bahan yang digunakan, yaitu AVO meter, Resistor dan LDR, *Power supply*, dan Cahaya Matahari. Adapun prosedur pengujiannya, sebagai berikut :

1. Merangkai rangkaian membentuk *voltage divider* pada PCB Lubang kemudian di solder.
2. AVOMeter pada posisi ohmmeter digunakan mengukur hambatan LDR, kemudian nilai hambatan dicatat.
3. Rangkaian diberi sumber, 5VDC dari *power supply*.
4. AVO meter pada posisi voltmeter DC, digunakan untuk mengukur tegangan pada nilai R output.

Hasil pengujian terhadap output sensor perubahan intensitas cahaya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Output LDR

Kondisi	Hambatan pada LDR	Tegangan pada R output	Pukul
Terang	60 Ω	4.8 V	12.00 WIB
Gelap	1000 Ω	2.25 V	16.00 WIB

Dari data diatas, terlihat bahwa tegangan pada R output dapat menghasilkan perubahan tegangan pada saat kondisi terang 4,8V sedangkan saat kondisi gelap 2,25V. Karakter output ini menunjukkan sensor perubahan intensitas cahaya berfungsi dengan baik.

B. *Pengujian Hasil Konversi ADC Terhadap Posisi Perubahan Matahari*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui sambungan secara hardware smart relay dan sensor sudah tersambung dengan baik serta untuk

mengetahui output ADC (data digital) terhadap pergeseran posisi matahari. Alat/bahan yang dibutuhkan dalam pengujian ini adalah sensor cahaya, smart relay, *stop watch*, mekanik penyangga sensor, dan *power supply*.

Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian diberi sumber DC.
2. Smart Relay diisi program uji1.
3. Mekanik dibuat pada posisi keatas, sejajar dengan posisi horizontal.
4. Data tampilan pada zelio soft dicatat setiap 1 jam sekali.

Setelah dilakukan pengujian, berdasarkan hasil tampilan pada zelio soft di laptop dapat diketahui data ADC hasil konversi yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data Output ADC berdasarkan perubahan posisi matahari

No	Pukul	Data Digital TIMUR	Data Digital BARAT
1	08.00	245	160
2	09.00	244	163
3	10.00	244	168
4	11.00	243	210
5	12.00	229	213
6	13.00	223	214
7	14.00	214	216
8	15.00	181	228
9	16.00	170	230

Berdasarkan data diatas dapat dilihat dari setiap perubahan satu jam data output sensor berubah sesuai pergeseran posisi matahari. Dari data diatas dapat dianalisa :

1. Dari kolom data digital timur diatas dapat dilihat, mulai pukul 08.00 sd 16.00 data berubah dari besar menjadi semakin kecil.
2. Dari kolom data digital barat, mulai pukul 08.00 sd 16.00 data berubah dari kecil mejadi besar.
3. Pada data ke 6 dan 7, nilai data digital timur dan barat hampir sama karena pada saat tersebut matahari tepat posisi diatas.

C. *Pengukuran Perbandingan Daya Tangkap Solar Sel Bergerak Terhadap Solar Sel Diam*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui karakter output solar sel terhadap perubahan posisi matahari dan membandingkan output solar sel antara sistem yang statis dan system solar sel yang bergerak mengikuti gerak matahari. Alat dan bahan pengujian meliputi Solar Sel, spesifikasi : 100Wp, 12V, *Solar charger controller*, AVO meter, *Battery*, 12V, 100AH, VRLA, dan *Bracket* solar sel statis yang disetting selalu menghadap keatas,

serta mekanik solar sel dengan sistem dinamis dapat mengikuti posisi matahari.

Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Solar sel sistem statis dan dinamis diletakkan pada posisi bersebelahan.
2. Solar sel sistem dinamis smart relay diisi program lengkap.
3. Setiap output *solar charger controller* diukur tegangan dan arusnya setiap satu jam.
4. Hasil Pengukuran tegangan dan arus kedua sistem dicatat.
5. Dari hasil pengukuran dapat dibandingkan sistem statis dan dinamis, yang ditunjukkan dalam tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Perbandingan Sistem Statis dan Dinamis

No	Waktu	Solar Sel menghadap ke atas (statis)		Solar Sel menghadap matahari (dinamis)	
		V	I	V	I
1	08.00	12,35	3,05	12,43	4,12
2	09.00	12,45	3,7	12,49	4,36
3	10.00	12,5	3,78	12,53	4,18
4	11.00	12,64	4,38	12,68	4,36
5	12.00	12,69	4,36	12,7	4,39
6	13.00	12,83	4,62	12,92	4,73
7	14.00	12,5	2,0	12,51	2,14
8	15.00	12,64	3,36	12,89	4,43
9	16.00	12,54	0,36	12,63	0,51

D. Pengujian Mekanik dan Motor DC

Tujuan pengujian ini adalah mengetahui sudut kemiringan maksimal solar sel baik Barat/Timur, mengetahui kemampuan *gear box* untuk menahan beban solar sel saat motor DC dimatikan (*power down*). Adapun alat dan bahan pengujian yang digunakan yaitu mekanik solar sel, solar sel, dan program smart relay untuk mengatur perubahan posisi solar sel mengikuti mekanik.

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Solar sel dipasang pada bracket mekanik, motor DC disambung ke *controller*.
2. Program dibuat solar sel miring ke timur setelah mengenai limit switch motor berhenti.
3. Kemudian sudut kemiringan diukur.
4. Program dibuat solar sel miring ke barat setelah mengenai limit switch motor berhenti.
5. Kemudian sudut kemiringan diukur.

Hasil Pengujian mekanik dan motor DC dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sudut Kemiringan dan Perputaran Mekanik

Posisi	Maksimum Timur	Maksimum Barat
Dari posisi nol	150°	150°
Total resolusi	300°	

E. Efisiensi yang diperoleh pada Sistem Solar Sel Menggunakan Pengikut Matahari

Pengukuran ini dilaksanakan bertujuan mengetahui perbaikan arus dan energi antara sistem statis dan dinamis.

Tabel 6. Rata Rata Perolehan Arus

PUKUL	I (STATIS)	I (DINAMIS)
08.00	3,05	4,12
09.00	3,7	4,36
10.00	3,78	4,18
11.00	4,38	4,36
12.00	4,36	4,39
13.00	4,62	4,73
14.00	2,0	2,14
15.00	3,36	4,43
16.00	0,36	0,51
Total	29,61	33,22
Rata - rata	3,281111	3,691111

Tabel 7. Rata Rata Perolehan Tegangan

PUKUL	V (STATIS)	V (DINAMIS)
08.00	12,35	12,43
09.00	12,45	12,49
10.00	12,5	12,53
11.00	12,64	12,68
12.00	12,69	12,7
13.00	12,83	12,92
14.00	12,5	12,51
15.00	12,64	12,89
16.00	12,54	12,63
Total	113,14	113,78
Rata - rata	12,5711	12,64222

Data perbandingan arus penerimaan solar sel statis dan dinamis ditunjukkan dalam tabel 6. dan tabel 7. Berdasarkan data tersebut, dapat dilakukan analisis sebagai berikut :

1. Selisih rata rata arus yang didapat solar sel dinamis: $3,69 - 3,28 = 0,41$ A
2. Untuk tegangan dari kedua sistem cenderung sama yaitu : 12,64 V
3. Jika pengambilan data diperoleh selama 8 jam maka energi :

$$\begin{aligned} \text{Statis } W &= V \times I \times t \\ &= 12,57 \times 3,28 \times 8 \\ &= 329,83 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dinamis } W &= V \times I \times t \\ &= 12,64 \times 3,69 \times 8 \\ &= 373,13 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Karena sistem dinamis arus masih dikonsumsi untuk 1 motor total arus 3A, maka perhitungan sebagai berikut :

Energi Konsumsi motor: $W_{\text{timur}} - \text{barat} + W_{\text{posisi_tengah}}$

Waktu timur-barat = 210 detik = 0,058 jam

$W_{\text{timur}} - \text{barat} = 12,57 \times 3 \times 0,058 = 2,18 \text{ Wh}$

Waktu posisi_tengah = 105 detik = 0,029 jam

$W_{\text{posisi_tengah}} = 12,57 \times 3 \times 0,029 = 1,094 \text{ Wh}$

$W_{\text{Konsumsi motor}} = 2,18 + 1,094 = 3,274 \text{ Wh}$

Sehingga bersih sistem dinamis menghasilkan energi setiap hari :

$W_{\text{dinamis}} = 373,13 \text{ Wh} - 4,36 \text{ Wh} = 368,77 \text{ Wh}$

Maka dari data data diatas sistem dinamis menghasilkan energi lebih besar sebanyak 38,94 Wh dari sistem statis.

V. KESIMPULAN

Sistem kendali posisi solar sel mengikuti posisi matahari berbasis smart relay SR3B101BD dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan smart relay SR3B101BD dari *schneider* dengan menggunakan bahasa *Function Block Diagram* (FBD) sistem dapat bekerja mengikuti posisi matahari Barat dan Timur dengan waktu tempuh 210 detik dari posisi maksimum barat sampai menemukan matahari disebelah timur.
2. Mekanik dapat bergerak maksimum mengikuti posisi matahari dengan resolusi sudut selebar 280° untuk Barat – Timur.
3. Dengan pengambilan data pada bulan Desember 2021 sistem solar sel yang bisa mengikuti posisi matahari dihasilkan :
 - a. Perbaikan arus rata rata yang dihasilkan selama satu hari meningkat sebesar 0,34 A (10,3 %) dari 3,29 A sistem statis.
 - b. Perbaikan Energi setelah dikurangi konsumsi motor meningkat sebesar 31,726 Wh (9,58 %) dari 330,84 Wh sistem statis dengan lama pengambilan data selama 8 jam/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jhee Fhong Lee; Nasrudin Abd. Rahim; and Yusuf A. Al-Turki.2013. Performance of Dual-Axis Solar Tracker versus Static Solar System by Segmented Clearness Index in Malaysia, *International Journal of Photoenergy*, Volume 2013, Article ID 820714J.
- [2] Hery Soejendro.2014. Rancang Bangun Kontrol Posisi Pada Solar Sel Untuk Mengoptimalkan Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- [3] Taofik Triwibowo, 2011. *Kendali Posisi Tiga Dimensi Solar Tracker Pada Solar Sel*

menggunakan kendali proportional derivatif (PD). Skripsi S1 Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

- [4] Mochamad Reza Yuliatmaja, 2009. *Kajian lama penyinaran matahari dan intensitas radiasi matahari terhadap pergerakan semu matahari saat solstice di semarang*. Skripsi S1 FMIPA Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
- [5] *Rotasi dan Revolusi Bumi*. <http://www.rumus-fisika.com/2014/03/rotasi-dan-revolusi-bumi.html>.
- [6] Raviteja, C., et.all.2012. *Microcontroller Based Solar Charger*.