

**PERANCANGAN PANEL SURYA *TRACKER* UNTUK LAMPU
PENERANGAN TAMAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Elektro



Rizky Subagyo

1403025014

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR HAMKA
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN

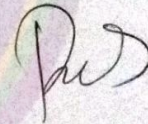
Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizky Subagyo
NIM : 1403025014
Judul Skripsi : Perancangan Panel Surya *Tracker* Untuk Lampu
Penerangan Taman

Menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuannya saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, *kecuali* yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab pribadi.

Penulis,



Rizky Subagyo
1403025014

HALAMAN PERSETUJUAN

PERANCANGAN PANEL SURYA *TRACKER* UNTUK LAMPU PENERANGAN TAMAN

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Elektro

Oleh:

Rizky Subagyo

1403025014

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke sidang ujian skripsi
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UHAMKA
Tanggal, 20 Agustus 2019,

Pembimbing I

Rosalina, ST., MT

Pembimbing II

Oktaria Heriyani, S.Si., MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ir. Harry Ramza, ST., MT., Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN
PERANCANGAN PANEL SURYA *TRACKER* UNTUK LAMPU
PENERANGAN TAMAN
SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Elektro

Oleh:

Rizky Subagyo

1403025014

Telah diuji dan dinyatakan lulus dalam Sidang Ujian Skripsi

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UHAMKA

Tanggal, 26 Agustus 2019,

Pembimbing I :

Rosalina, ST.,MT

Pembimbing II :

Oktarina Henyani, S.Si., MT

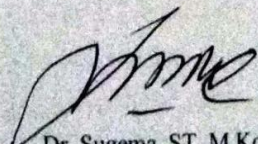
Penguji I :

M.Mujirudin, ST.,MT

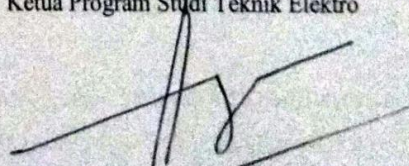
Penguji II :

Emila Roza, ST.,M.pd.,MT

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik UHAMKA


Dr. Sugema, ST.,M.Kom

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro


Ir. Harry Ramza, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Daya listrik yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi cahaya matahari. Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya dapat dimaksimalkan dengan cara, mengarahkan panel surya selalu tegak lurus dengan arah matahari. Di dalam penelitian ini, penulis membuat *prototype* panel surya *tracker* menggunakan arduino uno sebagai otak pengontrol system dan sensor panel surya mini untuk mengindra arah gerak matahari. Tujuan dari perancangan ini yaitu mencari radiasi yang maksimum sehingga meningkatkan pengisian baterai.

Hasil dari pengujian panel surya dengan sistem *tracking* yang dilakukan perolehan daya terbesar pada pengujian kedua yaitu sebesar 1,01867Watt, sehingga lama pengisian baterai memerlukan waktu ± 7 jam. Besar radiasi maksimum yang diterima pada panel surya berada di sudut 110° untuk azimuth, sedangkan untuk elevasi 1° yaitu sebesar 1233,0 (MJ/m²/hari). Besar radiasi total yang diterima panel surya selama satu hari yaitu pada pengujian ketiga sebesar 10690,2448Wms⁻². Artinya dengan mengarahkan panel surya secara tegak lurus dapat memaksimalkan kerja dari panel surya tersebut.

Kata Kunci –Mikrokontroler ATmega2560, Sensor Panel Surya Mini. Panel SuryaTracker, Daya Maksimum, Radiasi Maksimum.

DAFTAR ISI

COVER	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR BAGAN.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Radiasi Matahari.....	6
2.2 Tracker Panel Surya	7
2.3 Hubungan Arus, Tegangan dan Daya	9
2.4 Sel Surya.....	11
2.4.1 Prinsip Kerja Panel Surya.....	12
2.4.2 Struktur Panel Surya	13

2.4.2.1 Substrat/Metal <i>Backing</i> Substrat	14
2.4.2.2 Material Semikonduktor.....	14
2.4.2.3 Kontak Metal / <i>Contact Grid</i>	15
2.4.2.4 Lapisan Antireflektif Refleksi.....	15
2.4.2.4 Enkapsulasi / <i>Cover Glass</i>	15
2.5 Mikrokontroler	15
2.5.1 Pengertian Arduino	16
2.5.2 Mikrokontroller Arduino ATmega2560	16
2.5.2.1 Konfigurasi Pin Arduino ATmega 2560.....	18
2.6 Relay	18
2.7 Inverter	20
2.8 LCD (Liquid Crystal Display) 2 x 16.....	20
2.9 Motor DC Servo.....	21
2.10 <i>Power Supply</i> (Catu Daya).....	21
2.11 Baterai	22
2.12 Komponen-Komponen Elektronika	23
2.12.1 Resistor.....	23
2.12.3 Dioda	23
2.12.4 Transistor.....	23
2.13 Sensor Kompas GY-271 HMC5883L	24
2.14 Sensor <i>Accelerometer</i>	24
BAB III METODOLOGI	26
3.1 Kerangka Penelitian	26

3.2 Studi Pustaka	27
3.2 Analisi Kebutuhan	27
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Lunak	27
3.2.1.1 Windows 7 Profesional 32-bit	27
3.2.1.2 Microsoft Excel	27
3.2.1.3 Fritzing 0.9.2 b 32-bit	27
3.2.1.4 Arduino Ide	27
3.2.2 Perancangan Perangkat keras	28
3.2.2.1 Rangkaian Sensor dan Penampil LCD	28
3.2.1.2 Rangkaian Motor DC	29
3.3 Perancangan Alat	31
3.3.1 Perancangan Diagram Block	31
3.4.2 Rancangan Struktural	32
3.3 Pengujian Alat	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Pengaruh Waktu Terhadap Perubahan Sudut Pada Panel Surya Tracker	37
4.2. Pengaruh Waktu Terhadap Radiasi Yang Diterima Panel Surya Tracker	39
4.3 Daya Yang Dihasilkan Oleh Panel Surya	44
4.4 Lama Pengisian Baterai	47
4.5 Menghitung Radiasi Yang Diterima Panel	48
4.6 Perhitungan Sederhana Panel surya	52
4.6.1 Mengitung Kebutuhan Daya Pada Panel Menggunakan Lampu LED	52
4.6.2 Menghitung Berapa Jumlah Panel Yang Dibutuhkan	52

4.6.3 Menghitung Kebutuhan Baterai	53
BAB V Kesimpulan Dan Saran.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah Sinar Datang Membentuk Sudut Terhadap Normal Bidang Panel Surya	8
Gambar 2.3 Ilustrasi cara Kerja Panel Surya Dengan Prinsip p-n Junction.....	13
Gambar 2.4 Struktur Dari Panel Surya.....	14
Gambar 2.5 Arduino ATmega2560.....	17
Gambar 2.6 Bentuk Dari Relay	18
Gambar 2.7 LCD 2 x16	21
Gambar 2.8 Motor Servo.....	21
Gambar 2.9 Power Suply (Catu Daya).....	22
Gambar 2.10 Baterai aki	22
Gambar 2.11 Kompas GY-271 HMC5883L	24
Gambar 2.12 Accelerometer	25
Gambar 3.1 Skematik Dari Sensor Dan Penampil LCD Untuk Panel Surya <i>Tracker</i>	28
Gambar 3.2 Raangkaian Motor Dc	29
Gambar 3.3 Rangkaian Baterai	30
Gambar 3.4 Desain Skematik Keseluruhan.....	30
Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Pertama Sudut Terhadap Waktu	38
Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Kedua Sudut Terhadap Waktu.....	38
Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Ketiga Sudut Terhadap Waktu.....	39
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Kedua Sudut Terhadap Waktu.....	38
Gambar 4.6 Radiasi Pertama Yang Diterima Panel Surya.....	41
Gambar 4.7 Radiasi Kedua Yang Diterima Panel Surya	41
Gambar 4.8 Radiasi Ketiga Yang Diterima Panel Surya	42
Gambar 4.9 Bentuk Grafik Arus Dan Tegangan Pada Pengujian Pertama.....	44
Gambar 4.10 Bentuk Grafik Arus Dan Tegangan Pada Pengujian Kedua.....	44
Gambar 4.11 Bentuk Grafik Arus Dan Tegangan Pada Pengujian Ketiga	44
Gambar 4.13 Daya Yang dihasilkan Oleh Panel Surya Pada Pengujian Pertama.....	45
Gambar 4.14 Daya Yang dihasilkan Oleh Panel Surya Pada Pengujian Kedua.....	46
Gambar 4.15 Daya Yang dihasilkan Oleh Panel Surya Pada Pengujian Ketiga	46

DAFTAR BAGAN

Bagan 3.1 Flowchart Dari Kerangka Penelitian.....	26
Bagan 3.3 Rancangan Struktural Dari Panel Surya <i>Tracker</i>	33
Bagan 3.4 Rancang Struktural Dari Panel Surya <i>Tracker</i>	34



DAFTAR TABEL

Table 2.1 Data Teknik Board Arduino Mega 2560.....	17
Table 4.1 Hasil Pengukuran Sudut Terhadap Waktu	37
Table 4.2 Pengaruh Waktu Terhadap Radiasi Yang Diterima	40
Table 4.3 Hasil Dari Pengukuran Arus dan Tegangan.....	42
Table 4.4 Daya yang dihasilkan Panel Surya.....	45
Table 4.5 Nomor Hari Pertama Setiap Bulan.....	49
Table 4.6 Radiasi Total Yang Diterima Panel Surya	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang di gunakan untuk kepentingan sehari-hari, terutama pada alat elektronik. Saat ini, konsumsi energi listrik semakin hari semakin tinggi. Hal ini seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Maka dari itu, untuk memenuhinya dibutuhkan sumber energi alternatif terbarukan, salah satunya dengan menggunakan energi matahari (solar energi) yang lebih kita kenal dengan panel surya.

Panel surya berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi panel surya merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. Panel surya banyak digunakan untuk berbagai kegunaan antara lain pada lampu penerangan .[1] Umumnya lampu penerangan, menggunakan lampu yang tergolong tidak hemat energi, maka diperlukan satu rancangan untuk lebih hemat energi listrik pada lampu, yaitu dengan pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi. Kebanyakan panel surya dipasang permanen dengan sudut elevasi yang tetap (*fixed elevating angles*). Hal ini menyebabkan panel surya tersebut tidak dapat menyerap radiasi matahari secara optimal karena matahari selalu bergerak, yaitu dalam arah timur-barat (disebut gerak semu harian matahari) dan utara-selatan (disebut gerak semu tahunan matahari). Penyerapan radiasi matahari akan optimal jika arah radiasi matahari tegak lurus terhadap permukaan bidang panel surya[2]. Berikut ini ada beberapa penelitian terdahulu:

Pada penelitian (Widiatmoko, Yossie) yang berjudul *Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman*. Tujuan dari penelitian ini yaitu Merancang dan membuat prototype lampu penerangan taman dengan pemanfaatan *solar cell* sebagai sumber energy.

Padapenelitian ini memanfaatkan *solar cell* sebagai sensor untuk mendeteksi cahaya matahari. Lalu daya yang dihasilakn solar cell disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menyalakan lampu. *Battery* dapat bertahan selama 14 jam ketika semua beban aktif (ON), sedangkan pengisian (*charging*)*battery* selama 13 jam ketika *battery* dalam keadaan benar-benar kosong[1]

Pada penelitian (W. Roni Syafrialdi) yang berjudul Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Sensor Ldr Dan Penampil Lcd. Tujuan dari penelitian ini yaitu menggerakkan solar cell untuk mengikuti arah matahari. Pada penelitian ini menggunakan empat buah sensor LDR untuk mengindera arah gerak matahari. Sel surya yang digunakan adalah Amorphous 10 V/30 mA. Hasil pengukuran menunjukkan kenaikan tegangan sel surya mencapai 11,53% dibandingkan yang tidak menggunakan *solar tracker* sedangkan tegangan maksimumnya naik 1,18 V dibandingkan yang statis[2].

Pada penelitian (Suryana, Deny) yang berjudul Otomatisasi pada Panel Surya menggunakan Sistem Tracking Aktif Tipe *Single-Axis Automation Single Axis Type of Active System Tracking on*. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengendalikan posisi panel surya terhadap posisi matahari dengan menggunakan metode sistem *tracking* aktif tipe *single-axis* (satu poros yang menggerakkan posisi panel surya) untuk menghasilkan daya listrik yang lebih maksimal. Pada penelitian ini sensor menggunakan dua buah sensor LDR yang diletakan disisi timur dan barat panel surya. Berdasarkan perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh masing-masing sensor, sistem *tracking* aktif akan melakukan aksi kendali terhadap posisi panel surya agar tegak lurus dengan cahaya matahari. Hasil pengujian menunjukan perbedaan daya mak- simum sebesar 39.88 watt dari daya yang terukur.[3]

Pada penelitian (Sitorus, BrigitaTumaliang, Ir HansSt, Lily S Patras) yang berjudul Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuktikan keluaran panel surya dengan menggunakan pelacak arah matahari lebih unggul dalam segi keluaran daya dibandingkan dengan tidak menggunakan pelacak arah matahari. Pada penelitian ini

digunakan 3 buah sensor LDR. Sensor 1 dan 2 untuk mendeteksi cahaya matahari sedangkan sensor 3 digunakan untuk memutar motor DC secara horizontal. Dari pengujian lapangan matahari cerah dengan radiasi intensitas $\pm 1000 \text{ watt/m}^2$, dengan menggunakan beban 50 Watt dapat dihasilkan daya pada titik tertentu hingga mencapai 49.94 Watt dibandingkan tanpa Pelacak arah matahari hanya mencapai paling maksimal 49.21 Watt (pada posisi hampir tegak lurus dengan arah matahari). Artinya, dengan menggunakan pelacak arah matahari untuk men-charge baterai aki 12 Volt 100 Ampere hanya di perlukan waktu ± 24 jam dibandingkan tanpa menggunakan pelacak arah matahari yaitu ± 31.5 jam.[4].

Berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan, sensor yang digunakan adalah LDR dan ketiadaannya sumber arus listrik ketika panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari. LDR tidak dapat mendeteksi cahaya dengan intensitas rendah sehingga kemungkinannya tidak dapat bekerja pada beberapa kondisi. Kekurangan lainnya adalah LDR termasuk sensor cahaya yang membutuhkan beberapa detik respon waktu 1,399s untuk mengenali perbedaan intensitas[5]. Sehingga diperlukan sebuah alat untuk mengarahkan permukaan panel surya agar selalu tegak lurus terhadap cahaya matahari dan mengatasi ketika panel surya tidak dapat bekerja. Sensor ini diletakan berlawanan arah, dan sensornya akan membandingkan tenaga surya yang diterima dari masing-masing sensor.

Apabila ada perbedaan tenaga matahari maka akan memberikan sinyal kepada mikrokontroler sehingga mikrokontroler akan memproses data dan motor menggerakkan solar panel ke arah sensor yang lebih banyak menerima tenaga matahari. Pada saat baterai tidak terisi penuh atau habis *coil* tidak akan mendapatkan daya dari baterai yang mengakibatkan posisi *com relay* berpindah dari NO ke NC sehingga membuat lampu tetap menyala dengan *suplay* dari PLN. Tujuan alat ini yaitu mencari radiasi matahari yang paling optimum sehingga meningkatkan kecepatan pengisian baterai.

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang timbul berdasarkan latar belakang:

1. Bagaimana mendapatkan radiasi matahari yang paling optimum dengan tracker panel surya.
2. Bagaimana pengaruh perubahan sudut dengan kecepatan pengisian baterai.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan dan pembuatan panel surya tracker ini adalah mencari radiasi matahari yang paling optimum berdasarkan:

1. Waktu terbit dan terbenamnya matahari.
2. Sudut elevasi dan sudut azimuth.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan dengan ukuran 26mm x 52mm 10 WP.
2. Rangkaian kontrol menggunakan mikrokontroler arduino ATmega2560.
3. Sistem kendali yang dibuat merupakan prototipe atau dengan kata lain rancangan skala kecil.
4. Penelitian ini hanya mencari sudut azimuth dan elevasi tidak membahas solar power yang diterima setiap waktunya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meringankan beban penggunaan listrik PLN.
2. Mendapatkan power maksimal sehingga dalam pengisian baterai lebih cepat.
3. Sistem penerangan lebih optimal, karena sumber energi listrik yang dihasilkan melalui panel surya lebih maksimal

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi lima bab penyajian tulisan yang masing-masing bab meliputi :

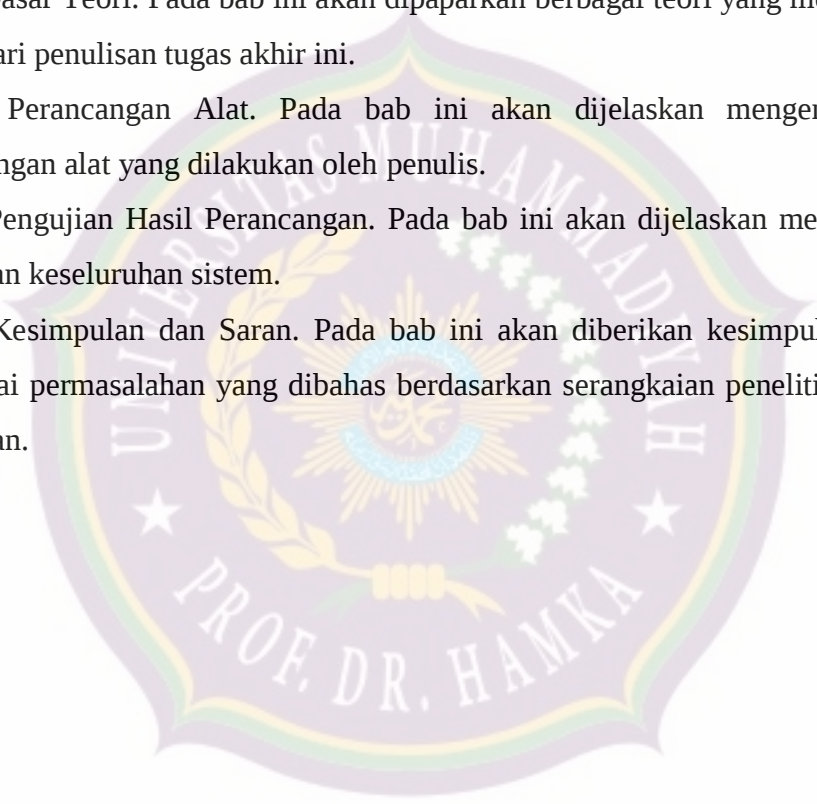
Bab 1 Pendahuluan. Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan perancangan, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir.

Bab 2 Dasar Teori. Pada bab ini akan dipaparkan berbagai teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini.

Bab 3 Perancangan Alat. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai alur dari perancangan alat yang dilakukan oleh penulis.

Bab 4 Pengujian Hasil Perancangan. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pengujian keseluruhan sistem.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran. Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran mengenai permasalahan yang dibahas berdasarkan serangkaian penelitian yang telah dilakukan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Widiatmoko, "Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman."
- [2] W. Roni Syafrialdi, "Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Sensor Ldr Dan Penampil Lcd," vol. 4, no. 2, pp. 113–122, 2015.
- [3] D. Suryana, "Otomatisasi pada Panel Surya menggunakan Sistem Tracking Aktif Tipe Single-Axis Automation Single Axis Type of Active System Tracking on," vol. 2, no. 1, 2016.
- [4] B. Sitorus, I. H. Tumaliang, and L. S. P. St, "Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno," vol. 5, no. 3, pp. 1–12, 2015.
- [5] F. Riskiya, "Sensor Cahaya," 2015.
- [6] K. Pangestuningtyas, D L, Hermawan, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap," vol. 2 NO. 4, pp. 0–7, 2013.
- [7] H. Asy'ari, Jatmiko, and Angga, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," pp. 52–57, 2013.
- [8] B. Yuwono, "Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51,".
- [9] A. E. Dewi, "Optimalisasi Rangkaian Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Battery pb-acid Sebagai Sistem Penyimpanan Energi Surya."
- [10] K. Fadhlullah, "Rancang Bangun Solar Tracking Sistem Berbasis Arduino," 2017.
- [11] L. N. Zulita, "Perancangan Murtal Otomatis Menggunakan Mikrokontoller Arduino Mega 2560," vol. 12, no. 1, pp. 89–98, 2016.
- [12] M. Saleh, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," vol. 8, no. 3, pp. 181–186, 2017.

- [13] S. Nasution, J. T. Elektro, and P. N. Jakarta, "Analisis Sistem Kerja Inverter untuk Mengubah Kecepatan Motor Induksi Tiga Phasa sebagai Driver Robot," vol. 3, no. 2, pp. 139–143, 2012.
- [14] A. Priyono, "Rancang Bangun Penggerak Panel surya Mengikuti Matahari Secara Vertikal Di," vol. 78124, no. 0561.
- [15] H. E. Hardianto and R. S. Rinaldi, "Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari Pada AplikasiPembangkit Listrik," vol. 2, no. September, pp. 208–215, 2012.
- [16] M. T. Kantori, Z. Sugianto, M. I. Nugraha, and A. Febriansyah, "Mobile Robot Pemain Bola : Aplikasi Pada KRSBI 2017," 2017.
- [17] T. M. A. Pandria, P. Studi, T. Industri, F. Teknik, and U. T. Umar, "Penentuan Kemiringan Sudut Optimal," vol. 3, pp. 123–131, 2017.
- [18] K. J. Pangestuningtyas Diah L, Hermawan, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Tipe Array Tetap terhadap Energi yang Dihasilkan pada Solar Home System (SHS)."
- [19] S. Pandey, "Solar Panel Tracking Control," no. July, 2016.
- [20] S. V. Larios, Leonardo , Bryce Smith, "Sun Tracking Solar Panel," no. 35, 2017.
- [21] E. Liedholm, "Tracking the maximum power point of solar panels,".