

**DESAIN DAN PEMBUATAN *TRACKER SYSTEM* SATU SUMBU
BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK OPTIMALISASI DAYA
PANEL SURYA**

SKRIPSI

Oleh:

MAYANG FAUNI
NIM. 14640051



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**DESAIN DAN PEMBUATAN *TRACKER SYSTEM* SATU SUMBU
BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK OPTIMALISASI DAYA
PANEL SURYA**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
MAYANG FAUNI
NIM. 14640051**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**DESAIN DAN PEMBUATAN *TRACKER SYSTEM* SATU SUMBU
BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK OPTIMALISASI DAYA
PANEL SURYA**


SKRIPSI

Oleh:
Mayang Fauni
NIM. 14640051

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada Tanggal : 4 April 2019

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001


Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009


Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Dr. Abdul Basid, M. Si
NIP. 19650504 199003 1 003

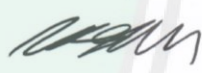
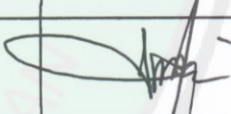

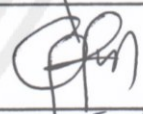
HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN DAN PEMBUATAN *TRACKER SYSTEM* SATU SUMBU BERBASIS ARDUINO UNO UNTUK OPTIMALISASI DAYA PANEL SURYA

SKRIPSI


Oleh:
Mayang Fauni
NIM. 14640051

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 25 April 2019

| | | | |
|--------------------|---|---|---|
| Penguji Utama | : | <u>Irjan, M. Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003 |  |
| Ketua Penguji | : | <u>Erika Rani, M. Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002 |  |
| Sekretaris Penguji | : | <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001 |  |
| Anggota Penguji | : | <u>Erna Hastuti, M. Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009 |  |



Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika


Drs. Abdul Basid, M. Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mayang Fauni

NIM : 14640051

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Desain dan Pembuatan *Tracker System* Satu Sumbu
Berbasis Arduino Uno untuk Optimalisasi Daya Panel
Surya.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak memiliki unsur-unsur penjiplakan karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang ter kutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai aturan yang berlaku.

Malang, 17 April 2019

Yang membuat pernyataan,



Mayang Fauni
14640051

MOTTO

*“Merantaulah, kau akan mendapat pengganti kerabat dan teman.
Berlelah-lelahlah, manisnya hidup terasa setelah lelah berjuang.*

-Imam Syafi'i-



HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillah Wal Hamdulillah dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT. Yang selalu memberikan nikmat iman dan islam, sehingga kupersembahkan tulisan ini kepada orang-orang yang tersayang:

Kagem Bapak dan Mama Tersayang,

Bapak Ropai dan Mama Sumainah, Maturnuwun ingkang katah sudah menjadi Bapak dan Mama yang selalu sabar mendidik anak-anaknya. Terimakasih selalu menjadi motivator yang terbaik dalam hidup dan rela berkorban sampai detik ini.

Berkah Do'a Bapak dan Mama Semoga Selalu diijabah.



HALAMAN UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan skripsi ini.

Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Farid Samsu Hananto, M.T selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran dalam penulisan skripsi.
5. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran dan staf laboran, serta Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengenalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua saya Bapak Ropa'i dan Ibu Sumainah, Ketujuh Saudara-Saudariku Mas Uripito, Mas Irfani, Mas Bidin, Yu Siti Muapiyah, Yu Aqilatul Mualamah, Yu Evi Nurhayati, Yu Fiki Arista dan seluruh keluarga besar

terimakasih selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga baik secara moral maupun materi.

8. Teman-teman *Photovoltaic Team* Laily Nur W dan Ainur Riza. Kalian yang terbaik selalu memberikan motivasi dalam pembuatan desain alat dan penulisan skripsi ini.
9. Mas Ulin dan Faiz S yang selalu meluangkan waktunya, membantu dalam pembuatan alat dan memberi dukungan, saran dan masukan.
10. Sahabat-sahabatku Maria Ulfa, Arum Sinda S, Alvi H, Eva Nawangwulan, Indana Zulfa dan Niswatul Arifah. Motivasi dan bantuan kalian luar biasa
11. Teman-teman fisika elektronika dan instrumentasi (ELINS) dan sahabat-sahabat fisika 2014 yang sigap membantu tanpa lelah dalam penyusunan skripsi ini.
12. Adik-adik Rumah Tahfidz Bagus Farel. Dek Masrufah, Dek Riris, Dek Ima, Dek Catur, Dek Aem sering memberikan dukungan, bantuan, serta waktunya dalam penulisan skripsi ini dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “**Desain dan Pembuatan *Tracker System* Satu Sumbu Berbasis Arduino Uno untuk Optimalisasi Daya Panel Surya**”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Fisika. Penulisan skripsi tidak terlepas dari banyak pihak, dengan segala kerendahan hati penulis menghaturkan terimakasih kepada semua pihak atas bantuan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia Pendidikan. Aamiin

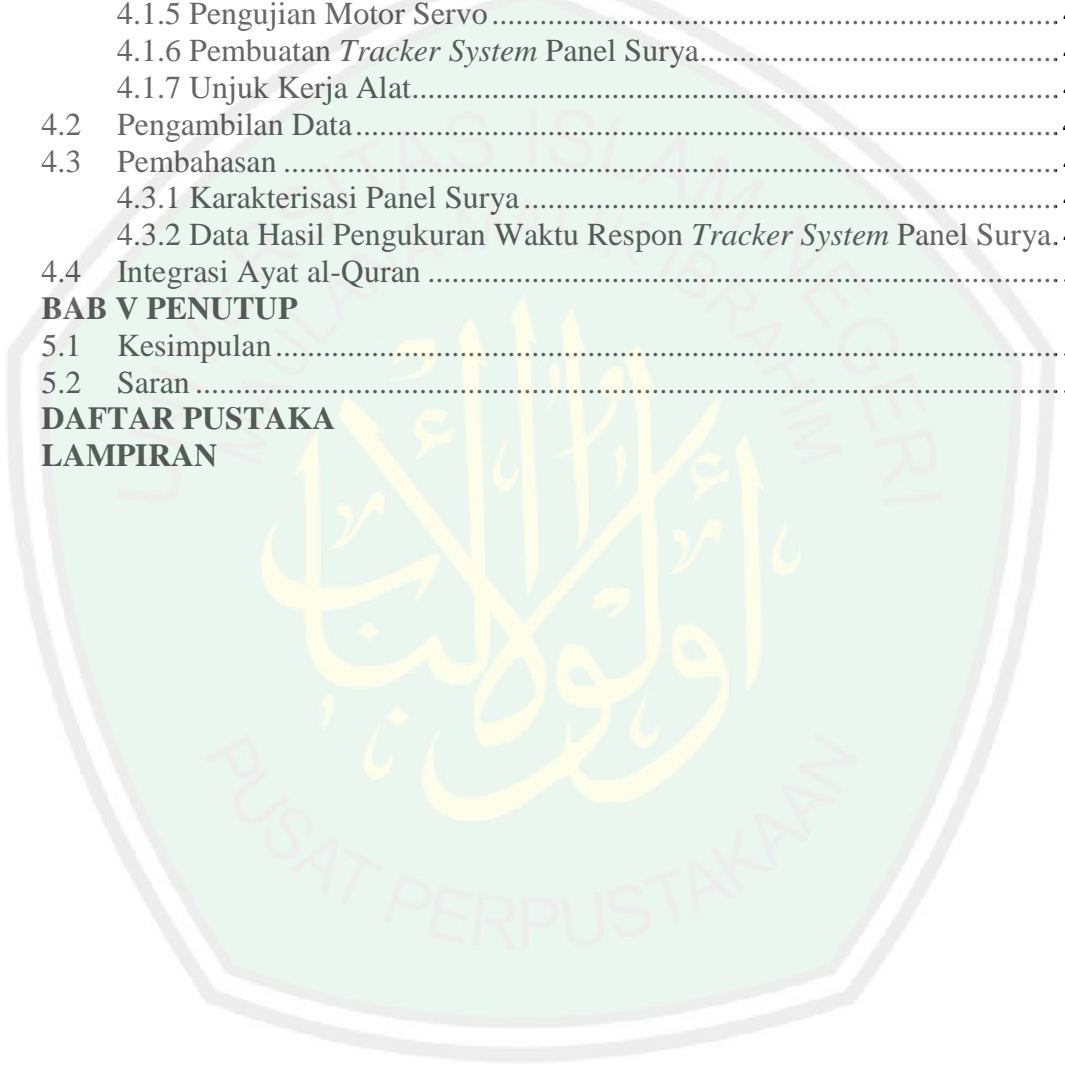
Malang, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN KEASLIAN TULISAN | v |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| HALAMAN UCAPAN TERIMAKASIH | viii |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| ABSTRAK | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 <i>Solar Tracker</i> | 6 |
| 2.2 Matahari | 6 |
| 2.3 Panel Surya/ <i>Solar Cell</i> | 11 |
| 2.3.1 Prinsip Kerja Panel Surya..... | 12 |
| 2.3.2 Spesifikasi Modul <i>Solar Cell</i> | 13 |
| 2.4 Energi dan Daya Listrik..... | 14 |
| 2.5 Mikrokontroler..... | 15 |
| 2.5.1 Mikrokontroler Arduino Uno | 16 |
| 2.5.2 Konfigurasi Pin ATmega 328 | 17 |
| 2.5.3 <i>Software</i> Arduino..... | 21 |
| 2.6 Motor Servo | 22 |
| 2.7 Sensor Tegangan..... | 24 |
| 2.8 <i>Sensor Light Dependent Resistor</i> | 25 |
| 2.9 Modul Sensor Arus MAX471 | 26 |
| 2.10 Modul Multiplexer..... | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Jenis Penelitian | 29 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian | 29 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 29 |
| 3.3.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)..... | 29 |
| 3.3.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>) | 30 |
| 3.4 Diagram Alir Penelitian | 31 |
| 3.5 Perancangan dan Pembuatan Alat | 31 |
| 3.5.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>) | 32 |
| 3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)..... | 34 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 3.6 | Teknik Pengambilan Data..... | 35 |
| 3.7 | Pengolahan dan Analisis Data | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Hasil Penelitian..... | 37 |
| 4.1.1 | Pemrograman Arduino | 39 |
| 4.1.2 | Pengujian Sensor Tegangan dengan <i>Solar Cell</i> | 39 |
| 4.1.3 | Pengujian Modul Sensor Arus MAX471..... | 41 |
| 4.1.4 | Pengujian Multiplexer 74HC4067 | 41 |
| 4.1.5 | Pengujian Motor Servo | 42 |
| 4.1.6 | Pembuatan <i>Tracker System</i> Panel Surya..... | 43 |
| 4.1.7 | Unjuk Kerja Alat..... | 44 |
| 4.2 | Pengambilan Data..... | 45 |
| 4.3 | Pembahasan | 46 |
| 4.3.1 | Karakterisasi Panel Surya | 47 |
| 4.3.2 | Data Hasil Pengukuran Waktu Respon <i>Tracker System</i> Panel Surya..... | 49 |
| 4.4 | Integrasi Ayat al-Quran | 51 |
| BAB V PENUTUP | | |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 55 |
| 5.2 | Saran | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Matahari..... | 8 |
| Gambar 2.2 | Representasi Semikonduktor Jenis n dan p: (a) Jenis n yang menunjukkan “kelebihan” elektron (b) Jenis p yang menunjukkan “kelebihan” <i>hole</i> positif..... | 12 |
| Gambar 2.3 | Kelebihan Elektron dari Lompatan n-material Mengisi Kelebihan <i>hole</i> pada Sisi p dan <i>p-n junction</i> | 13 |
| Gambar 2.4 | Modul <i>Solar cell</i> | 14 |
| Gambar 2.5 | Bentuk Fisik Arduino Uno | 17 |
| Gambar 2.6 | Konfigurasi Pin ATmega 328 | 18 |
| Gambar 2.7 | Tampilan <i>Software IDE</i> | 22 |
| Gambar 2.8 | Model Fisik Motor Servo MG 90..... | 23 |
| Gambar 2.9 | Sensor Tegangan..... | 24 |
| Gambar 2.10 | Diagram Koneksi..... | 25 |
| Gambar 2.11 | Bentuk Fisik Sensor LDR..... | 26 |
| Gambar 2.12 | Modul Sensor MAX471 | 27 |
| Gambar 2.13 | Pin Konfigurasi MUX | 28 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 31 |
| Gambar 3.2 | Perancangan Perangkat Keras | 32 |
| Gambar 3.3 | Rancangan Desain <i>Tracker System</i> Panel Surya | 33 |
| Gambar 3.4 | Diagram Alir Perangkat Keras <i>Tracker System</i> Panel Surya | 34 |
| Gambar 4.1 | Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan | 40 |
| Gambar 4.2 | Rangkaian Pengujian Sensor Arus MAX471 | 41 |
| Gambar 4.3 | Rangkaian Pengujian Arduino dengan Multiplexer 74HC4067.... | 42 |
| Gambar 4.4 | Rangkaian Pengujian Motor Servo | 42 |
| Gambar 4.5 | Skema Rangkaian Pengujian Keseluruhan Sistem | 44 |
| Gambar 4.6 | Rancangan <i>Tracker System</i> Panel Surya dengan Miniatur Mobil | 44 |
| Gambar 4.7 | Skema Pengujian Karakterisasi Panel Surya | 45 |
| Gambar 4.8 | Skema Pengujian Waktu Respon <i>Tracker System</i> Panel Surya | 46 |
| Gambar 4.9 | Grafik Pengujian Karakterisasi Panel Surya | 48 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Spesifikasi <i>Solar Cell</i> | 14 |
| Tabel 2.2 | Deskripsi Konfigurasi Pin ATmega 328..... | 18 |
| Tabel 2.3 | Spesifikasi Arduino Uno..... | 20 |
| Tabel 2.4 | Spesifikasi Sensor Tegangan..... | 25 |
| Tabel 2.5 | Deskripsi Pin Konfigurasi MUX..... | 28 |
| Tabel 3.1 | Format Tabel Data Penelitian..... | 35 |
| Tabel 3.2 | Format Tabel Data Penelitian Waktu Respon <i>Tracker System</i> Panel Surya..... | 35 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pengukuran Waktu Respon <i>Tracker System</i> Panel Surya..... | 50 |



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Tabel Data Rata-Rata Hasil pengukuran 3 Kali Pengulangan Sudut Sinar datang terhadap Modul *Solar Cell*
- Lampiran 2: Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Selatan menuju Timur
- Lampiran 3: Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Timur menuju Utara
- Lampiran 4: Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Utara menuju Barat
- Lampiran 5: Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Barat menuju Selatan
- Lampiran 6: Gambar Pembuatan Alat
- Lampiran 7: *Sketch Tracker System* Panel Surya Keseluruhan



ABSTRAK

Fauni, Mayang. 2019. **Desain Dan Pembuatan *Tracker System* Satu Sumbu Berbasis Arduino Uno Untuk Optimalisasi Daya Panel Surya**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Erna Hastuti, M.Si

Kata kunci: Panel surya, Tracker system, Waktu respon, Arduino.

Panel surya merupakan alat yang dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Saat ini, panel surya didesain secara statis menghasilkan nilai daya yang tidak maksimal. Sehingga perlu dilakukan perancangan panel surya bentuk dinamis dengan pembuatan *tracker system* panel surya untuk meningkatkan daya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya dan mengetahui waktu respon pergerakan *tracker system* panel surya terhadap pergerakan sumber cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi sudut datang sumber cahaya dengan panel surya memiliki nilai tegangan maksimum pada keadaan tegak lurus. Hasil daya yang didapatkan dari hubungan tegangan dan arus yaitu sebesar 0.098 Watt, 0.082 Watt, 0.0843 Watt, dan 0.0947 Watt, hasil pengukuran waktu respon pergerakan *tracker system* panel surya menghasilkan nilai tegangan lebih tinggi yaitu sebesar 0.927 Watt, 0.817 Watt, 0.708 Watt, dan 0.715 Watt. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa posisi sudut datang sumber cahaya mempengaruhi nilai tegangan panel surya dan bernilai maksimum ketika menggunakan *tracker system* dalam posisi tegak lurus dengan sumber cahaya.

ABSTRACT

Fauni, Mayang. 2019. **Design and Construction of One-Axis Tracker System Based on Arduino Uno to Optimize the Solar Panel Power**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology of State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Counselor: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Erna Hastuti, M.Si.

Keyword: Solar panel, Tracker system, Response time, Arduino.

A Solar panel is a device for converting sunlight energy into electrical energy. The solar panels were statically designed which is resulted from the non-optimal power value. Therefore, it is required to construct a dynamic design by installing tracker system for the solar panel for increasing the output power. This study aims to find out the effect of the angle position of a light source on the solar panel and determine the time response of the movement of the solar panel tracker system to the movement of light sources. It showed that the position of the angle of the arrival light source with the solar panel has a maximum voltage value in a perpendicular state. The output power results obtained from the relationship of voltage and current are equal to 0.098 Watts, 0.082 Watts, 0.0843 Watts, and 0.0947 Watts, the results of the time response of tracker movement of solar panel systems produced a higher voltage value of 0.927 Watts, 0.817 Watts, 0.708 Watts, and 0.715 Watts. From these results, it is concluded that the angle position of the light source effects on the value of the solar panel voltage and has a maximum value when using the tracker system in a perpendicular position to the light source.

مستخلص

فوني، ماينج. ٢٠١٩. تصميم وتصنيع نظام المقتفي (*Tracker System*) لأحادي المحور القائم على أردوينو أونو لتحسين طاقة الألواح الشمسية. البحث الجامعي. شعبة الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف (I): فريد شمس هانانتو، الماجستير (II) إرنا هستوتي، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: لوحة شمسية، نظام المقتفي، وقت الاستجابة، أردوينو.

اللوحة الشمسية هي أجهزة التي تمكنها أن تغير طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية. الان، يصمم اللوحة الشمسية ثابتا ستؤدي إلى أقصى قيمة للطاقة. لذلك يحتاج تصميم الألواح الشمسية بأشكال ديناميكية يجعل نظام المقتفي الألواح الشمسية لزيادة الطاقة. الأهداف هذا البحث هي معرفة تأثير زاوية موضع مصدر الضوء على اللوحة الشمسية ومعرفة وقت استجابة حركة نظام المقتفي الألواح الشمسية على حركة مصدر الضوء. دلت النتائج أن موضع زاوية الوصول لمصدر الضوء مع اللوحة الشمسية له قيمة الجهد الأقصى في حالة عمودي. نتائج الطاقة التي حصلت عليها من علاقة الجهد والتيار هي 0.098 واط، 0.082 واط، 0.0843 واط، تنتج نتائج قياس زمن الاستجابة لنظام المقتفي اللوحة الشمسية قيمة جهد أعلى من 0.927 واط، 0.817 واط، 0.708 واط، و 0.715 واط. من هذه النتائج، يمكن أن يخلص أن موضع زاوية الوصول لمصدر الضوء يؤثر على قيمة جهد اللوحة الشمسية و القيمة الأقصى عند استخدام نظام المقتفي في وضع عمودي مع مصدر الضوء.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matahari merupakan sumber energi terbesar yang dimanfaatkan oleh makhluk hidup di Bumi. Energi matahari merupakan karunia Allah SWT yang wajib disyukuri dan dimanfaatkan sebaik mungkin. Hukum Kekekalan Energi Termodinamika I, menyebutkan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan tapi energi dapat diubah dari suatu jenis energi menjadi bentuk energi yang lain. Salah satu energi yang memiliki potensi dapat diubah menjadi bentuk energi lain yaitu energi matahari. Hal ini tercantum di dalam al-Qur'an yang menjabarkan tentang matahari, bahwasanya Allah SWT menciptakan bulan dan matahari dengan cahaya terang pada (Q.S. Yunus [10]: 5) yang berbunyi:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ
وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥﴾

“Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui”(Q.S. Yunus [10]: 5).

Al-Qur'an menyebutkan bahwasanya kata yang mengandung arti menciptakan pada Q.S. Yunus ayat 5 Allah SWT menggunakan kata جعل memiliki arti menjadikan sesuatu yang sudah ada menjadi sesuatu yang lain agar menjadi lebih sempurna. Tahapannya yaitu ketika Allah SWT menciptakan matahari

kemudian menyempurnakan dengan sinarnya, Allah SWT menciptakan segala sesuatu agar makhluk-Nya selalu bersyukur pada kebesaran-Nya (Ja'far shiddieq, 2013).

Keterangan lain dari ayat ini menerangkan bahwa Allah SWT yang telah menciptakan langit dan bumi dan yang bersemayam di atas `Arasy-Nya. Ayat ini membedakan antara yang dipancarkan matahari dan yang dipantulkan oleh bulan, yang dipancarkan oleh matahari disebut *diya* (sinar), sedang yang dipantulkan oleh bulan disebut *nur* (cahaya) (Departemen Agama RI, 2009).

Matahari adalah sebuah benda angkasa yang mengandung pembakaran api yang sangat dahsyat, yang mengeluarkan sebagian sinarnya memantul kepermukaan bulan. Dalam al-quran Allah SWT telah menjadikan matahari untuk memudahkan makhluk-Nya agar terus bergerak. Pada pagi hari matahari memancarkan sinarnya dengan memberikan panas dan cahaya yang dibutuhkan dalam kehidupan manusia, kemudian pada sore hari matahari terbit dibagian dunia lain. Begitulah seterusnya perputaran matahari pada siang dan malam, terbit dan tenggelam (Arya, 2009).

Setiap manusia dalam kehidupannya membutuhkan energi seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi, energi dibutuhkan untuk melakukan suatu aktivitas sehingga keberlangsungan hidup manusia sangat bergantung pada jumlah energi yang dimanfaatkan. Energi dalam dunia ini memiliki dua macam yaitu energi yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, batu bara, dan energi yang dapat diperbaharui seperti energi matahari. Salah satu energi yang perlu ditingkatkan adalah energi terbarukan.

Permintaan energi listrik sampai pada tahun 2020 akan tumbuh dengan rerata mencapai 6,5% setiap tahunnya, kondisi tersebut dapat terlihat dari data konsumsi energi listrik setiap tahun selalu mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan ekonomi nasional (Muchlis, 2003). Oleh karena itulah dilakukan berbagai penelitian mengenai pengembangan energi terbarukan (*renewable energy*) salah satunya yakni sumber energi matahari. Sumber energi yang melimpah ini perlu dimanfaatkan secara optimal dengan melakukan konversi energi matahari menjadi energi listrik dengan panel surya (*solar cell*).

Solar cell adalah alat yang dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* akan menghasilkan energi listrik sesuai besar intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya. Selain itu, penggunaan panel surya membutuhkan biaya yang ekonomis dan tidak berdampak negatif untuk lingkungan. Dalam aplikasinya, *solar cell* masih diletakkan secara statis sehingga penyerapan intensitas sinar matahari tidak dapat dilakukan secara optimal dan berakibat daya yang dihasilkan juga tidak maksimum. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang dapat menghasilkan energi maksimal.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memunculkan ide baru yakni merancang sebuah *Tracker system*. *Tracking* secara harafiah berarti mengikuti jalan, atau dalam arti lainnya ialah suatu kegiatan untuk mengikuti jejak suatu objek. *Tracker system* adalah sistem yang diharapkan dapat mengoptimalkan penyerapan cahaya pada panel surya yang terpasang di suatu media penggerak agar dapat terarah sesuai dengan arah gerak posisi sumber cahaya.

Penelitian-penelitian tentang *Tacker system* sudah pernah dilakukan, hanya saja dengan menggunakan mikrokontroler yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Boando (2014), menggunakan sebuah sistem minimum arduino yang menggunakan mikrokontroller ATmega328 sebagai pusat kendali dan menggunakan dua buah rangkaian sensor LDR dengan outputnya berupa pergerakan motor servo. Hasil penelitian ini adalah menghasilkan suatu alat yang dapat membantu panel surya agar selalu menghadap ke arah cahaya matahari yaitu menggunakan sumbu tunggal dan dua sumbu.

Penelitian selanjutnya menggunakan sebuah mikrokontroler ATmega8535 dengan sensor LDR untuk mengindera gerak matahari. Penelitian ini menggunakan dua sumbu putar dengan motor stepper tipe unipolar sebagai penggerak agar *solar cell* dapat mengikuti gerak semu harian matahari (dalam arah timur-barat) (Syafrialdi, 2015).

Adapun rancangan *tracker system* yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan 4 sensor *solar cell* dengan sebuah motor servo dan 4 sensor LDR. Selain itu *tracker system* ini akan dikontrol dengan mikrokontroler tipe arduino uno dan multiplexer tipe 4HC4067 yang difokuskan pada kendaraan beroda empat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya pada *tracker system* berbasis arduino uno?
2. Bagaimana waktu respon pergerakan *tracker system* panel surya terhadap sumber cahaya?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya pada *tracker system* berbasis arduino uno.
2. Untuk mengetahui waktu respon pergerakan *tracker system* panel surya terhadap sumber cahaya.

1.4 Batasan Masalah

1. Perancangan *tracker system* panel surya dirancang dalam skala kecil untuk tahap pengujian.
2. Menggunakan mikrokontroler arduino uno.
3. Pengaruh suhu modul *solar cell* terhadap keluaran tegangan dan arus tidak dikaji.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai referensi untuk peneliti-peneliti selanjutnya agar perkembangan teknologi semakin luas.
2. Untuk mengetahui nilai daya optimum pada *tracker sistem* panel surya berbasis mikrokontroler dan sensor *solar cell*.
3. Untuk dapat membantu masyarakat dalam mengatasi masalah energi terutama dalam bidang energi alternatif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Solar Tracker*

Panel surya merupakan alat untuk mengumpulkan sebuah radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari beberapa *solar cell* yang berfungsi mirip dengan sel-sel surya untuk semikonduktor yang memanfaatkan pertemuan luas p-n dioda. Ketika panel surya terkena sinar matahari, maka p-n dioda mengalami persimpangan dan mengubah dari energi matahari menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan dari foton yang berada pada permukaan panel surya memungkinkan elektron akan mengenai orbit sehingga permukaan *solar cell* dapat menarik elektron bebas tersebut dimana bahan logam pada permukaan sel panel surya dapat menghasilkan listrik. Peristiwa tersebut dapat disebut dengan efek fotovoltaiik (Banerjee, 2015).

Solar tracker adalah sebuah perangkat yang berorientasi muatan menuju matahari. Penggunaan *solar tracker* dapat meningkatkan produksi listrik oleh beberapa daerah dan beberapa klaim sebanyak 40% dalam beberapa daerah, dibandingkan dengan modul pada sudut yang tetap. Pada beberapa aplikasi *solar tracker* bertujuan untuk peningkatan efisiensinya dengan menggunakan pelacak dapat membuat perbedaan dari luas daerah cakupannya (Banerjee, 2015).

2.2 Matahari

Matahari adalah benda langit berbentuk bola gas pijar yang sangat besar, menyala dan amat panas. Panasnya dapat mencapai 15 juta derajat celcius.

Struktur matahari terdiri dari: 1. Inti (*core*); 2. Zona radiatif (*radiation zone*); 3. Zona konvektif (*convective zone*); 4. Fotosfer (*photosphere*); 5. Kromosfer (*chromosphere*); 6. Granulasi (*granulation*); 7. Filamen (*filament*); 8. Fakula (*facula*); 9. Spikul (*spicule*); 10. Noda hitam (*sunspot*); 11. Prominensa (*prominence*); dan 12. Korona (*corona*) (Dyayadi, 2008).

Ayat-ayat al-Qur'an telah menyebutkan bahwa sinar matahari merupakan energi utama dalam kehidupan sehari-hari. Allah SWT berfirman dalam (Q.S. Nuh [71]: 16):

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَجَعَلَ الشَّمْسُ سِرَاجًا ﴿١٦﴾

“Dan Allah menciptakan padanya bulan sebagai cahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita?” (Q.S. Nuh [71]: 16).

Kata سراج dapat ditafsirkan sebagai adanya perbedaan matahari dan bulan. Matahari dijadikan pelita Allah SWT (bagaikan) pelita yaitu memiliki sumber cahaya sendiri sedangkan bulan tidak dijadikannya (bagaikan) pelita kendati ia bercahaya (Shihab, 2003). Allah SWT tidaklah menciptakan matahari dan bulan kecuali dengan segala hikmah yang agung tentang keindahan ciptaanNya dan keagungan-Nya. Allah SWT menjelaskan bukti-bukti bagi kaum yang mengetahui tujuan-tujuan penciptanya dalam ayat-ayat tersebut (Al-Qarni, 2008).

Matahari bergerak sesuai dengan garis edar tertentu semua planet dan satelit dalam sistem gravitasi matahari juga bergerak menempuh jarak jutaan kilometer.

Hal ini diperkuat dalam ayat al-quran Q.S. Yasin [36]: 38:

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾

“Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui” (Q.S. Yasin[36]: 38).

Kata merupakan fi' il mudlari', yang memiliki arti berjalan, beredar. Karena subjeknya adalah matahari, maka kata yang digunakan dalam mengartikannya adalah beredar. Sehingga dapat diartikan bahwa matahari itu beredar pada garis edarnya (Al-Damashqiy, 2004).



Gambar 2.1 Matahari (Sumber: <http://dinasuciwahyuni.blogspot.com/2015/07/matahari-sebagai-bintang-dan-bumi.html>)

Pusat benda angkasa ini berenergi sangat besar dimana, atom hidrogen terus menerus menjadi helium. Setiap detik 616 miliar ton hidrogen berubah menjadi 612 miliar ton helium. Energi yang dihasilkan sebanding dengan sebuah ledakan 500 juta bom atom. Matahari juga dianggap sebagai suatu benda hitam yang berpijar pada temperatur 600 Kelvin dan energi yang dipancarkan berupa gelombang elektromagnetik yang menyebar ke segala arah. Dalam penjelasan lain benda hitam pada suatu temperatur tertentu dapat mengemisikan radiasi dalam jumlah maksimum dan mencakup semua panjang gelombang, maka spektrum sinar matahari merupakan spektrum yang komplit. Sesuai dengan kaidah hukum Wien yaitu energi maksimum untuk temperatur 6000 Kelvin adalah sebesar 0,483 mikrometer (Mulyono, 2006).

Energi yang dikeluarkan dari pancaran matahari yang begitu besar, pemanfaatan energi matahari menjadi salah satu daya tarik tersendiri untuk

dilakukan. Salah satu pemanfaatan energi matahari adalah penggunaan *solar cell* yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Dalam proses konversi energi pada *solar cell* dipengaruhi banyak faktor yang dapat mengurangi optimalisasi pada proses konversi energi. Diantaranya adalah faktor orientasi terhadap matahari yang selalu berubah-ubah dapat mengurangi optimalisasi *solar cell* dalam proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* akan menghasilkan daya maksimal ketika posisinya saling tegak lurus dengan cahaya matahari (Hardianto, 2012).

Menurut (Hardianto, 2012) Faktor dari pengoperasian *solar cell* agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada beberapa hal, antara lain:

a. Temperatur *Solar Cell*

Sebuah *solar cell* dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25° C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada *solar cell* akan melemahkan tegangan. Suatu penelitian menunjukkan setiap kenaikan temperatur *solar cell* 10°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10° C.

b. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi dan sangat tergantung keadaan spektrum matahari ke bumi. Pengaruh intensitas matahari memiliki pengaruh yang besar terhadap arus (I).

c. Kecepatan Angin Bertiup

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi *solar cell* dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca *solar cell*.

d. Keadaan Atmosfir Bumi

Keadaan atmosfer bumi seperti berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari *solar cell*.

e. Orientasi *Solar Cell*

Orientasi dari rangkaian *solar cell* ke arah matahari secara optimum adalah penting agar *solar cell* dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi dari *solar cell* juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai contoh, Jurnal Ilmiah Foristek Vol. 2, No. 2, September 2012 210 untuk lokasi yang terletak di belahan utara *latitude*, maka panel atau deretan *solar cell* sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur-barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel *solar cell*, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

f. Posisi Letak *Solar Cell* Terhadap Matahari (*Tilt Angle*)

Solar cell pada Equator (*latitude* 0°) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0) akan menghasilkan energi maksimum, sedangkan untuk lokasi dengan *latitude* berbeda harus dicarikan *tilt angle* yang berbeda. Dengan mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan *solar cell* secara tegak lurus akan menghasilkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau

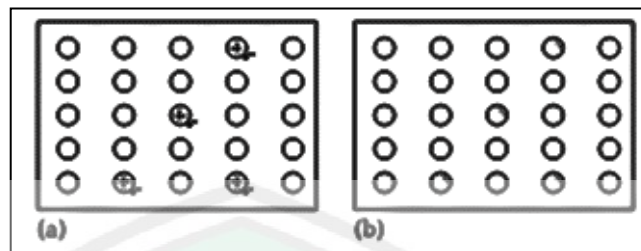
1 KW/m². Kalau tidak dapat mempertahankan posisi tegak lurus antara sinar matahari dengan *solar cell*, maka energi yang didapatkan akan tidak maksimal.

2.3 Panel Surya/*Solar Cell*

Panel surya didefinisikan sebagai teknologi yang menghasilkan listrik dc dari suatu bahan semikonduktor ketika dipaparkan oleh cahaya. Selama bahan semikonduktor tersebut dipaparkan oleh cahaya maka *solar cell* akan selalu menghasilkan energi listrik dan ketika tidak dipaparkan oleh cahaya, *solar cell* berhenti menghasilkan energi listrik (Hegedus, 2003).

Solar cell (panel surya) merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan lagi sumber energinya banyak tersedia di alam, yaitu sinar matahari, terlebih di negeri tropis semacam Indonesia yang menerima sinar matahari sepanjang tahun (Satwiko, 2012).

Menurut (Rusman, 2015) *Solar cell* merupakan komponen vital yang terbuat dari bahan semi konduktor. Tenaga listrik dihasilkan oleh satu *solar cell* sangat kecil, maka beberapa *solar cell* harus digabung sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut *module*. Pada aplikasinya karena tenaga listrik yang dihasilkan oleh *module* ini masih kecil, maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabungkan sehingga terbentuklah *array*.



Gambar 2.2 Representasi Semikonduktor Jenis n dan p: (a) Jenis n yang menunjukkan “kelebihan “ elektron (b) Jenis p yang menunjukkan “kelebihan” *hole* positif (Goswani, 2015)

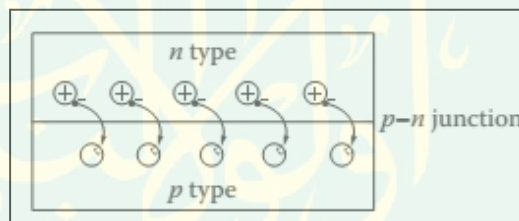
2.3.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Parameter paling penting dalam kinerja solar panel adalah intensitas radiasi matahari atau bisa disebut juga iridiasi matahari, yaitu jumlah daya matahari yang datang ke permukaan per luas area. Iridiasi matahari pada atmosfer yaitu sebesar 1365 W/m². Setelah disaring oleh atmosfer bumi, intensitas puncak radiasi matahari yang mengenai permukaan bumi menjadi 1000 W/m². Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi matahari pada keadaan tegak lurus sinar matahari dan ketika keadaan cerah yang jatuh ke permukaan. Besar nilai iridiasi matahari ini yang akan menentukan besar daya yang dapat dihasilkan oleh panel (Astuti, 2012).

Solar cell konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk

mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor (Fadhlullah, 2017).

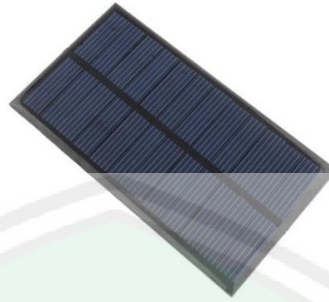
Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p (Fadhlullah, 2017).



Gambar 2.3 Kelebihan Elektron dari Lompatan n-material Mengisi Kelebihan *hole* pada Sisi p dari *p-n junction* (Goswani, 2015).

2.3.2 Spesifikasi Modul *Solar Cell*

Solar cell ini merupakan *solar cell* berukuran mini yang mampu menghasilkan Voltage sebesar 6 Volt dan menghasilkan daya maksimum 1 Watt. Aplikasi dari *solar cell* ini sudah banyak digunakan untuk charge handphone, untuk menyalakan lampu baterai dan sebagainya.



Gambar 2.4 Modul *Solar Cell* (Sumber: <https://moedah.com/modul-solar-cell-panel-surya-mini-6v-1w-200ma/>)

Tabel 2.1 Spesifikasi *Solar Cell*

| Spesifikasi | Keterangan |
|--------------|---------------------|
| Max. Voltage | 6 V |
| Max. Current | 200 mA |
| Dimension | 11cm x 6cm x 0,25cm |

2.4 Energi dan Daya Listrik

Menurut Eugene C. Lister yang diterjemahkan oleh Hanapi Gunawan bahwa energi merupakan suatu kemampuan atau usaha untuk melakukan kerja, secara singkatnya energi merupakan kerja yang tersimpan. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah bentuk menjadi bentuk energi yang lain, seperti energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik.

Definisi daya listrik merupakan sebuah laju hantaran energi listrik dalam *circuit* listrik dan Satuan International (SI) daya disebut watt yang diambil dari nama penemu Inggris James Watt. Satu *watt* menyatakan banyaknya tenaga listrik

yang mengalir per satuan waktu ($1 \text{ W} = \text{joule/detik}$). Satuan daya dapat digunakan untuk mendefinisikan satuan baru dari kerja atau energi. *Kilowatt-hour* (kWh) adalah satuan komersial yang umum pada energi listrik atau kerja, bukan satuan daya. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dan hambatan listrik menimbulkan suatu kerja. Kerja ini dapat dikonversi dalam berbagai bentuk yang bermanfaat seperti panas, cahaya, energi kinetik (motor listrik) dan suara. Daya diukur dalam *watt* dan diperoleh jika *voltampere* dari rangkaian dikalikan dengan faktor yang disebut dengan faktor daya. Maka dalam rangkaian AC satu fase adalah P (dalam watt) = $V \times I \times \text{faktor daya}$, sedangkan faktor daya = P (watt) / $V \times I$ (Melipurbowo, 2016).

Sedangkan pada arus DC, daya listrik dihitung menggunakan hukum *joule*. *Joule* diambil dari sebuah nama fisikawan Britania James Joule yang pertama kali menemukan adanya energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, begitu pula sebaliknya dengan persamaan :

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Dimana: $P = \text{Daya (watt / W)}$

$I = \text{Arus (ampere / A)}$

$V = \text{Perbedaan potensial (volt / V)}$

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang elemen-elemennya dirangkai dalam satu keping IC (*Integrated Circuits*) sehingga sering disebut mikrokomputer chip tunggal. Mikrokontroler mempunyai beberapa tugas yang

sangat spesifik, berbeda dengan personal computer (PC) yang memiliki beragam fungsi (Suyadhi, 2010).

Mikrokontroler adalah mikroprosesor yang dikhususkan untuk instrumentasi dan kendali. Karakteristik mikrokontroler adalah (Sudjadi, 2005):

- a. Memiliki memori internal relatif sedikit yang didalamnya terdapat program untuk aplikasi tertentu, tidak seperti PC yang multifungsi karena mudahnya memasukan program. Program mikrokontroler relatif lebih kecil dari pada program-program lainnya pada PC.
- b. Memiliki unit I/O langsung dan sederhana.
- c. Pemroses bit, selain byte.
- d. Memiliki perintah/program yang langsung berhubungan dengan I/O.
- e. Program relatif sederhana.
- f. Beberapa varian memiliki memori yang tidak hilang bila catu padam di dalamnya untuk menyimpan program.
- g. Komsumsi daya kecil.
- h. Lebih tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrim misalnya temperatur, tekanan, kelembapan, dsb.

2.5.1 Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler arduino uno adalah suatu modul yang menggunakan mikrokontroler AVR dengan seri yang lebih canggih, sehingga dapat digunakan untuk membangun sistem elektronika berukuran minimalis tapi handal dan cepat. Arduino terdiri dari beberapa *board*, yang dapat digunakan sesuai kebutuhan, menggunakan software *open source* yang dapat dijalankan

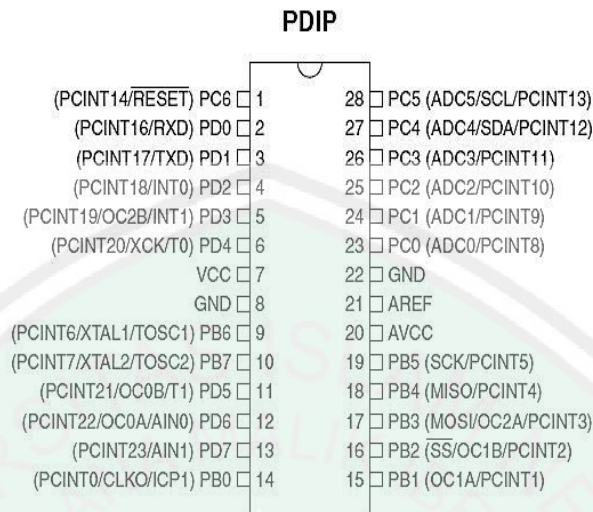
pada windows, Mac dan Linux, menggunakan *Arduino Programming Language* berbasis *Wiring* dan *Arduino Development Environment* berbasis *Processing* dan menggunakan koneksi USB chip dan FTDI untuk melakukan pemrograman dan biasanya pada chip arduino sudah dimasukkan *bootloader*, sehingga dapat melakukan pemrograman langsung ke dalam chip menggunakan *software* arduino.



Gambar 2.5 Bentuk Fisik Arduino Uno (Sumber: <https://www.flipkart.com/rotoBotix-arduino-uno-328p-micro-controller-board-electronic-hobby-kit/p/itmebvfysckcast4>)

2.5.2 Konfigurasi Pin ATmega 328

Arduino uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya (Arduino, 2011).



Gambar 2.6 Konfigurasi Pin ATmega 328 (Datasheet, 2016)

Tabel 2.2 Deskripsi Konfigurasi Pin ATmega 328 (Datasheet, 2016)

| PIN | DESKRIPSI |
|---|--|
| VCC | Tegangan <i>Suplay input</i> |
| GND | <i>Ground</i> |
| Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2 | <ul style="list-style-type: none"> - Port B adalah 8-bit <i>bi-directional</i> I/O port dengan resistor <i>pull-up</i> internal (dipilih untuk setiap bit). - Output port B <i>buffer</i> memiliki karakteristik <i>drive sisratical</i> dengan keduanya naik turun dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor <i>pull-up</i> diaktifkan. - Pin Port B adalah menyatakan saat kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika tidak berjalan - Tergantung pada pengaturan sekring pilihan jam, PB7 dapat digunakan sebagai output dari penguat pembalik osilator - Jika internal dikalibrasi RC Oscilator digunakan sebagai sumber <i>chip clock</i>, PB7... 6 digunakan sebagai OSC2 ... 1 |

| | |
|----------------|--|
| | <p>masukan untuk <i>Asynchronous Timer/Counter 2</i> jika bit <i>As2</i> di <i>ASSR</i> diatur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tergantung pada pengaturan sekering pilihan jam, <i>PB6</i> dapat digunakan sebagai masukan ke <i>inverting oscillator amplifier</i> dan <i>input</i> ke sirkuit operasi jam internal. |
| Port C (PC5:0) | <ul style="list-style-type: none"> - Port C adalah 7-bit <i>bi-directional I/O</i> port dengan resistor <i>pull-up</i> internal (dipilih untuk setiap bit). <i>PC5...0</i> - Output <i>buffer</i> memiliki karakteristik <i>drive simetrical</i> dengan keduanya naik turun dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port C perlahan-lahan ditarik secara eksternal akan sumber arus jika resistor <i>pull-up</i> diaktifkan. - Pin Port C adalah menyatakan saat kondisi reset aktif bahkan jika jam tidak berjalan. |
| PC6/RESET | <ul style="list-style-type: none"> - Jika <i>RSTDISBL</i> Fuse diprogram, <i>PC6</i> digunakan sebagai I/O pin. - Jika <i>RSTDISBL</i> fuse tidak diprogram, <i>PC6</i> digunakan sebagai input reset. Sebuah tingkat rendah pada pin ini lebih panjang dari panjang pulsa minimum akan membangkitkan ulang. |
| PORT D (PD7:0) | <ul style="list-style-type: none"> - Port D adalah 8-bit <i>bi-directional I/O</i> port dengan resistor <i>pull-up</i> internal (dipilih untuk setiap bit) - <i>Buffer</i> output Port D memiliki karakteristik <i>drive simetrical</i> dengan keduanya naik turun dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port D perlahan-lahan ditarik secara eksternal akan sumber arus jika resistor <i>pull-up</i> diaktifkan. |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Pin Port D adalah menyatakan saat kondisi reset menjadi aktif bahkan jika jam tidak berjalan. |
| Avcc | <ul style="list-style-type: none"> - Avcc adalah persediaan pin tegangan untuk A/D Converter, PC3: 0, dan ADC7: 6. - Perlu dihubungkan secara eksternal ke Vcc, bahkan jika ADC tidak digunakan, harus dihubungkan ke Vcc melalui low-pass filter. Perhatikan bahwa PC6 ... 4 penggunaan tegangan suplai digital, Vcc. |
| AREF | AREF adalah pin referensi analog untuk A/D Converter |
| ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only) | Didalam TQFP dan QFN/MLF package, ADC7: 6 berfungsi input analog ke A/D converter. Pin ini didukung dari pasokan analog dan berfungsi sebagai saluran ADC 10-bit. |

Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk membuat rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Arduino uno dilengkapi dengan osilator 16 MHz, regulator (pembangkit tegangan) 5 Volt. Pada arduino uno terdapat sejumlah pin yaitu 0-13 yang merupakan input digital dan pin A0-A5 yang merupakan input analog. Arduino uno dilengkapi dengan konektor USB, konektor catu daya, *header ICSP*, dan tombol reset, SRAM berukuran 2 KB, kapasitas berukuran 32 KB dan EPROM untuk menyimpan data (Syawil, 2014).

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno (Arduino, 2011)

| Mikrokontroler | ATMega328 |
|-----------------|-----------|
| Operasi Voltage | 5V |
| Input Voltage | 7-12 Volt |

| | |
|--------------|--------------------------|
| I/O | 14 pin (6 pin untuk PWM) |
| Arus | 50 Ma |
| Flash Memory | 32 KB |
| Bootloader | SRAM 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Kecepatan | 16 MHz |

Sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan *board* ini, karena dengan sifat *open source* komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran (Arduino, 2011).

Mikrokontroler Arduino dapat dipasangkan dengan bermacam-macam sensor dan aktuator lainnya. Adapun sensor dan aktuator yang dapat dipasangkan pada arduino seperti sensor gerak, ultrasonik, panas, suara, *Ethernet Shield*, LED Display dan yang lainnya (Margolis, 2011).

(Fadlullah, 2017) mengatakan Arduino uno memiliki sejumlah fasilitas untuk dapat berkomunikasi dengan komputer, arduino lain, maupun mikrokontroler lainnya. ATmega328 ini menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (Rx) dan 1 (Tx) dan ATmega 328 juga mendukung komunikasi I2C dan SPI.

2.5.3 Software Arduino

IDE arduino adalah *software* yang ditulis menggunakan java. Arduino terdiri dari (Djuandi, 2011):

- a. Edit Program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit sebuah program dalam bahasa *processing*.
- b. *Complier*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *processing*) menjadi kode biner.
- c. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan arduino.



Gambar 2.7 Tampilan *Software IDE* (Djuandi, 2011)

2.6 Motor Servo

Motor Servo merupakan perangkat atau *actuator* putar (motor) yang mampu bekerja dua arah (*Clockwise dan Counter Clockwise*) dan dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi pada motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada didalam motor servo. Motor ini sangat kompleks karena disusun dari gearbox, motor *dc*, variable resistor dan sistem

kendali, sehingga nilai ekonomis dari motor ini juga sangat tinggi dibandingkan motor *dc* yang lain yg ukurannya sama (Fadhullah, 2017).

Motor DC sering disebut dengan motor servo. Berbeda dengan motor DC, motor servo merupakan motor DC yang mempunyai kualitas tinggi. Motor servo ini sudah dilengkapi dengan sisten kontrol. Motor servo seringkali digunakan sebagai kontrol loop tertutup sehingga dapat menangani perubahan posisi secara tepat dan akurat begitu juga dengan pengaturan kecepatan dan percepatan.



Gambar 2.8 Model Fisik Motor Servo MG 90 (Sumber: http://www.robotiksisitem.com/tower_pro_mg90_servo_motor.html)

Gambar 2.8 merupakan bentuk fisik dari motor servo MG90 yang memiliki sistem pengkabelan terdiri dari 3 bagian, yaitu Vcc, Gnd, dan kontrol *Pulse Width Modulation* (PWM). Penggunaan PWM pada motor servo berbeda dengan penggunaan PWM pada motor DC. Pada motor servo, pemberian nilai PWM akan membuat motor servo bergerak pada posisi tertentu lalu berhenti (kontrol posisi) (Budiharto, 2014).

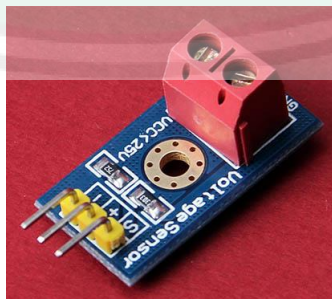
Pengaturan pada motor servo dapat menggunakan delay pada setiap perpindahan awal menuju posisi akhir. Motor servo dibedakan menjadi 2, yaitu *continuous servo* dan *uncontinuous servo*. Pada *continuous servo*, motor servo dapat berputar penuh 360° sehingga memungkinkan untuk bergerak rotasi. Pada *uncontinuous servo motor*, motor servo dapat berputar 180°.

Prinsip utama pada pengontrolan motor servo adalah pemberian PWM pada kontrolnya. Perubahan *duty cycle* akan menentukan perpindahan posisi dari motor servo. Frekuensi PWM yang digunakan pada pengontrolan motor servo ini mempunyai frekuensi 50 Hz, sehingga pulsa yang dihasilkan setiap 2 x lebar pulsa menentukan posisi servo yang dikehendaki (Budiharto, 2014).

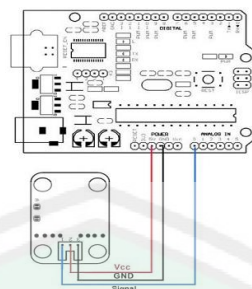
2.7 Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan sebuah modul sensor tegangan yang menggunakan prinsip pembagi tegangan. Modul sensor tegangan ini dapat mengurangi input hingga 5 kali dari tegangan asli. Tegangan analog input maksimum mikrokontroler yaitu 5 volt, sehingga modul tegangan dapat diberi masukan tidak melebihi 5x5 Volt atau sebesar 25 Volt. Modul sensor tegangan dipasang paralel terhadap beban panel surya.

Pembacaan sensor dirubah dalam bentuk bilangan 0-1023. Karena chip arduino memiliki 10 bit AD sehingga pembacaan tegangan modul surya adalah sebesar $0,000489$ dari $(5V/1023)$, dan tegangan input dari modul ini harus lebih dari $0,00489 V \times 5 = 0,02445 V$.



Gambar 2.9 Sensor Tegangan (Sumber: www.ek2.com)



Gambar 2.10 Diagram Koneksi (Sumber: www.ek2.com)

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Tegangan

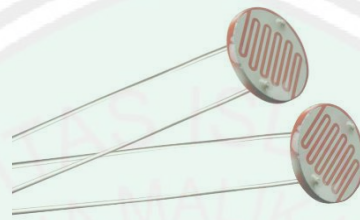
| Spesifikasi | Keterangan |
|---------------------------|----------------------------------|
| Voltage Input | Arus DC 0-25 V |
| Voltage Detection range | DC 0,02445-25V |
| Voltage Analog Resolution | 0,00489 V |
| DC input Interface | Positive : Vcc Negative : GND |

2.8 Sensor Light Dependent Resistor

LDR atau *Light Dependent Resistor* ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya (Barasa, 2017).

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10 dan dalam keadaan terang sebesar 1 atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti senyawa kimia *cadmium sulfide*. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh

menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Simbol LDR dapat dilihat seperti gambar 2.11:



Gambar 2.11 Bentuk Fisik Sensor LDR (Sumber: <https://www.sunrom.com/get/443700>)

Hal ini berarti menunjukkan bahwa bahan bersifat sebagai konduktor yang buruk untuk mengantarkan arus listrik atau memiliki resistansi yang besar pada saat cahaya redup. Namun, pada saat cahaya terang akan lebih banyak elektron yang lepas dari atom-atom bahan semikonduktor tersebut sehingga banyak elektron yang dapat mengangkat muatan listrik (Barasa, 2017).

2.9 Modul Sensor Arus MAX471

IC MAX471 merupakan sebuah chip piranti elektronika yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dengan sumber daya menggunakan baterai. MAX471 dapat kompatibel dengan arduino dengan input 5V. Modul ini memiliki beberapa PIN diantaranya, GND (ditanahkan) dengan semua aliran listrik dihubungkan ke titik yang sama. Vout untuk dihubungkan ke sisi tinggi beban. Vin untuk dihubungkan ke kutub positif dari sumber tegangan (dari 5V sampai 25 V). AT menyediakan sinyal 0 V sampai 5 V pada skala 1 V/A dan VT menyediakan sinyal 0 sampai 5 V pada skala 1 V untuk setiap 5 V input. RS+

untuk daya sisi resistor arus internal, tanda “+” menunjukkan arah aliran untuk *output* SIGN yang dihubungkan antara pin 2 dan 3 bersamaan. RS- untuk muatan sisi resistor arus internal, tanda “-” menunjukkan arah aliran untuk *output* SIGN yang dihubungkan antara pin 6 dan 7 bersamaan. Modul ini tidak memerlukan pasokan tegangan khusus, karena sudah dilengkapi dengan fitur suplai tegangan fleksibel untuk bekerja dari 3 V ~ 36 V DC. Dapat mendeteksi arus hingga 3 A, apabila arus yang dideteksi lebih dari 3 A maka menggunakan 2 modul MAX471 yang rangkai secara paralel.



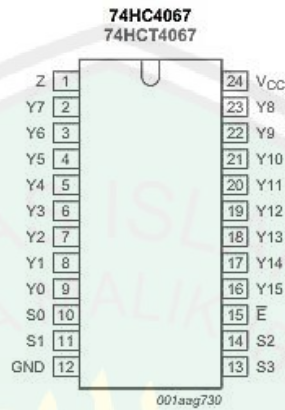
Gambar 2.12 Modul Sensor MAX471 (Sumber: <https://pdfserv.maximintegrated.com/en/ds/MAX471-MAX472.pdf>)

2.10 Modul Multiplexer

Multiplexer atau mux adalah sebuah perangkat yang memilih salah satu dari beberapa sinyal input dan meneruskan input yang dipilih dalam satu baris. Dengan menggunakan sinyal kendali multiplexer dapat mengatur bagian mana yang akan diaktifkan atau dipilih (Tirtamihardja, 1996).

Menurut (Ibrahim, 1996) multiplexer diumpamakan seperti saklar yang berputar sangat cepat. Piranti ini menghubungkan beberapa kanal masukan, satu persatu ke sebuah jalur keluaran. Dengan demikian kanal masukan harus membagi sebuah jalur komunikasi tunggal dengan setiap kanal untuk selang

waktu tertentu. Multiplexer juga dapat digunakan sebagai pengubah seri ke paralel.



Gambar 2.13 Pin Konfigurasi MUX (Sumber: https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT4067.pdf)

Tabel 2.5 Deskripsi Pin Konfigurasi MUX (Datasheet, 2016)

| Simbol | Pin | Deskripsi |
|---|---|----------------------|
| Z | 1 | Input atau output |
| Y7, Y6, Y5, Y4, Y3, Y2, Y1, Y0, Y15, Y14, Y13, Y12, Y12, Y11, Y10, Y9, Y8 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18,19, 20, 21, 22, 23 | Input variable bebas |
| GND | 10, 11, 13, 14 | Ground (0 V) |
| S0, S1, S3, S4 | 12 | Selector |
| \bar{E} | 15 | Active low |
| Vcc | 24 | Sumber Tegangan |

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu berbentuk penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental memiliki tujuan yaitu untuk memperoleh sebuah desain dan pembuatan *tracker system* satu sumbu berbasis arduino uno untuk optimalisasi daya panel surya.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang desain dan pembuatan *tracker system* satu sumbu berbasis arduino uno untuk optimalisasi daya panel surya ini dilakukan pada Bulan November-Maret bertempat di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

| | |
|----------------------------------|------------|
| 1. Sensor <i>solar cell</i> | 4 buah |
| 2. Penyangga ukuran 17 cm x 5 cm | 2 buah |
| 3. Papan triplek | 2 buah |
| 4. Lampu LED 100 Watt | 1 buah |
| 5. Bor | 1 buah |
| 6. Gergaji | 1 buah |
| 7. Lem | 1 buah |
| 8. Timah dan Solder | Secukupnya |

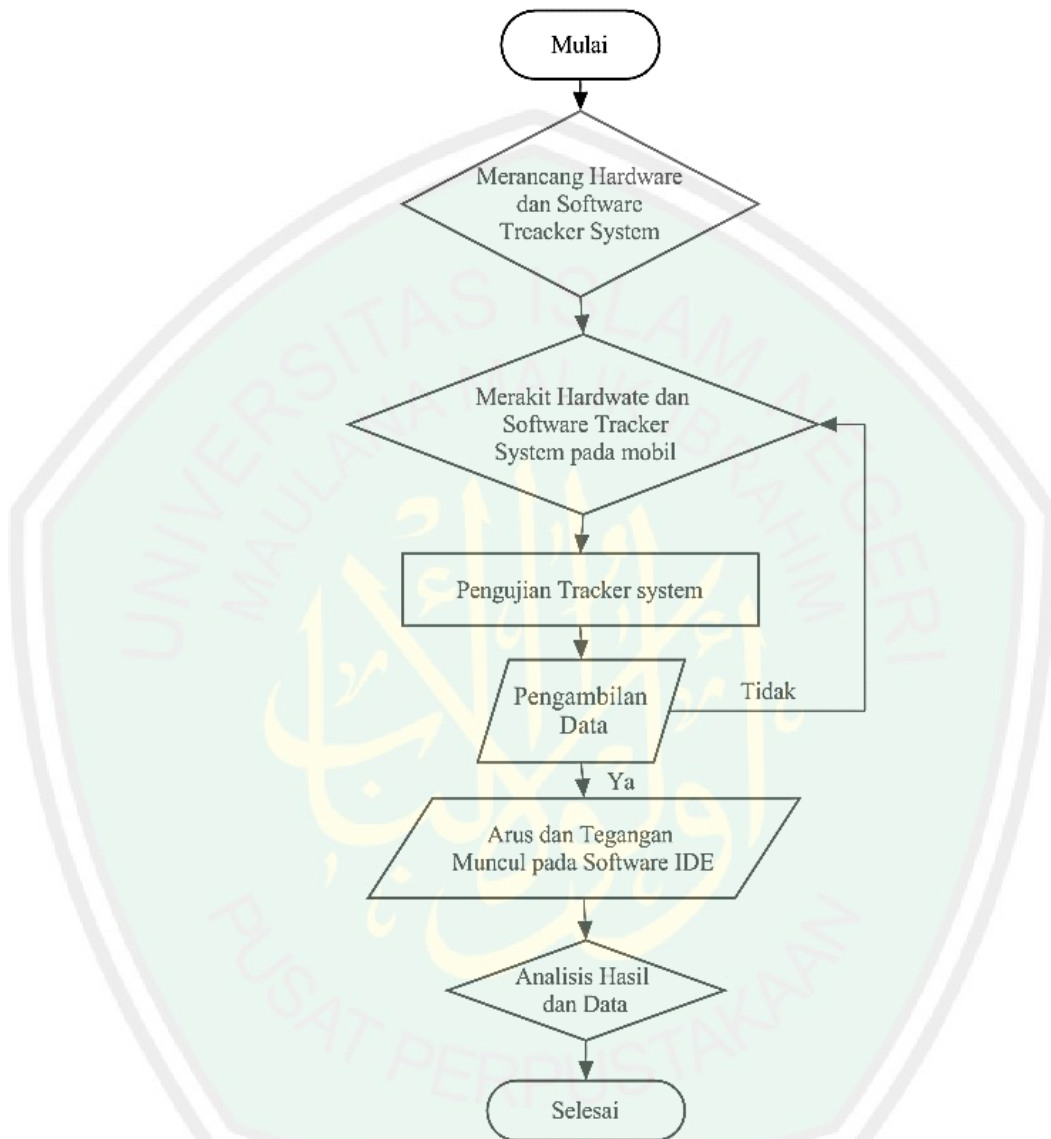
| | |
|----------------------------------|------------|
| 9. Miniatur Kendaraan Roda Empat | 1 buah |
| 10. Power Supply | 1 buah |
| 11. Papan PCB | 1 buah |
| 12. Arduino uno | 1 buah |
| 13. Kabel Penghubung | secukupnya |
| 14. Motor Servo | 1 buah |
| 15. Resistor 100 Ohm | 1 buah |
| 16. Sensor Tegangan | 1 buah |
| 17. Sensor MAX471 | 1 buah |
| 18. Multimeter | 1 buah |
| 19. Modul Multiplexer 16 Chanel | 1 buah |
| 20. PC, Windows | |

3.3.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Arduino IDE *Software*
2. Driver Arduino
3. *Software* Microsoft Excel

3.4 Diagram Alir Penelitian



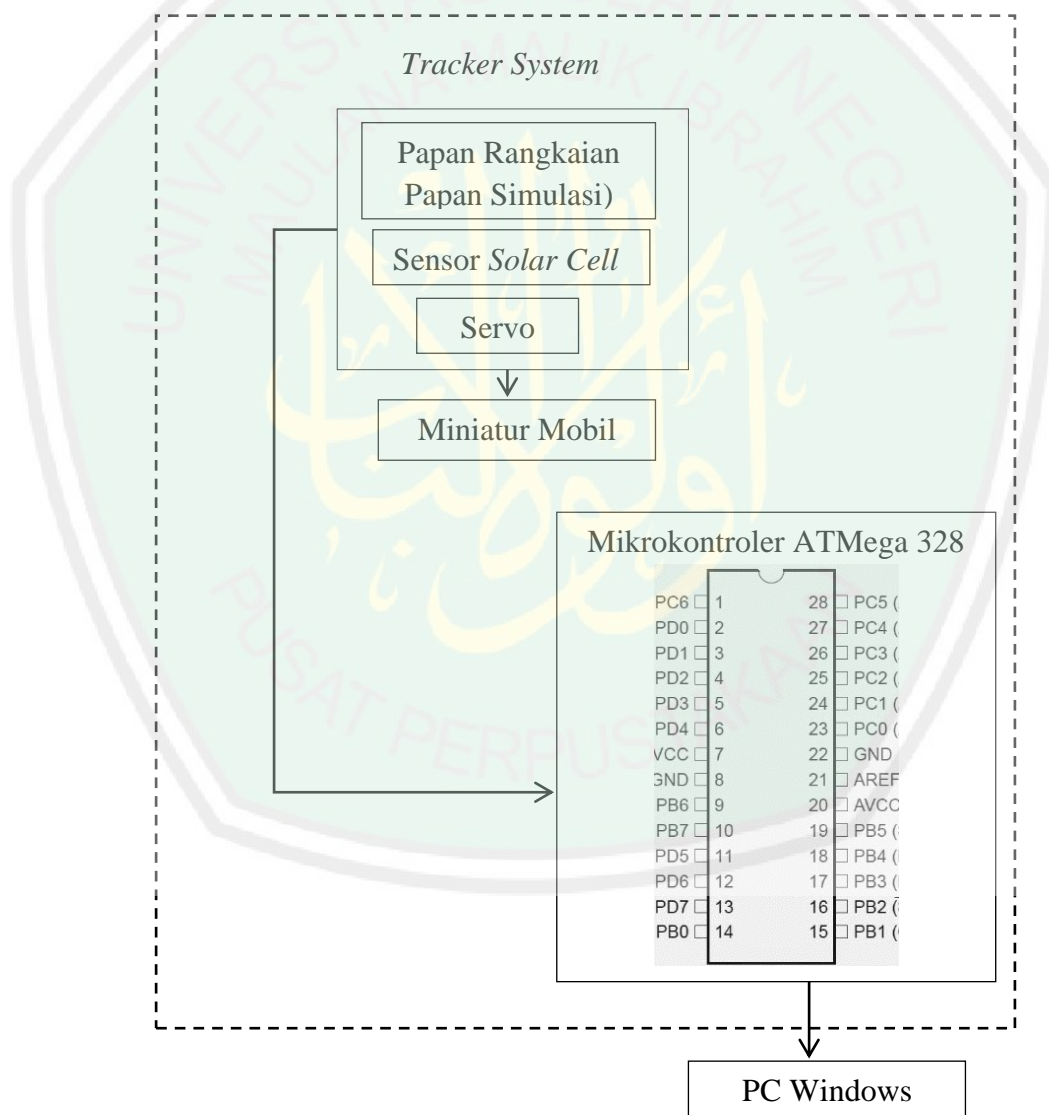
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan sebuah *tracker system* yaitu mengenai penentuan desain dan pembuatan panel surya dengan satu sumbu berbasis arduino uno. Dalam hal ini modul sensor *solar cell* yang digunakan adalah modul *solar cell* berukuran 11 cm x 6 cm dengan tegangan maksimal 6V dan menggunakan sensor LDR, sensor

tegangan dan sensor arus serta memanfaatkan miniatur kendaraan roda empat untuk bagian dasarnya sehingga perangkat keras berupa *tracker* berada pada bagian atas miniatur kendaraan. Perancangan pembuatan *hardware* adalah sebagai berikut:

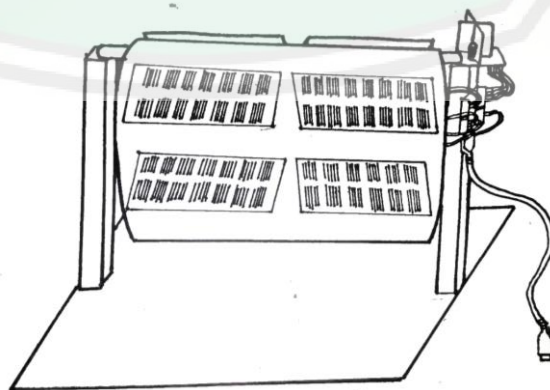
3.5.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)



Gambar 3.2 Perancangan Perangkat Keras

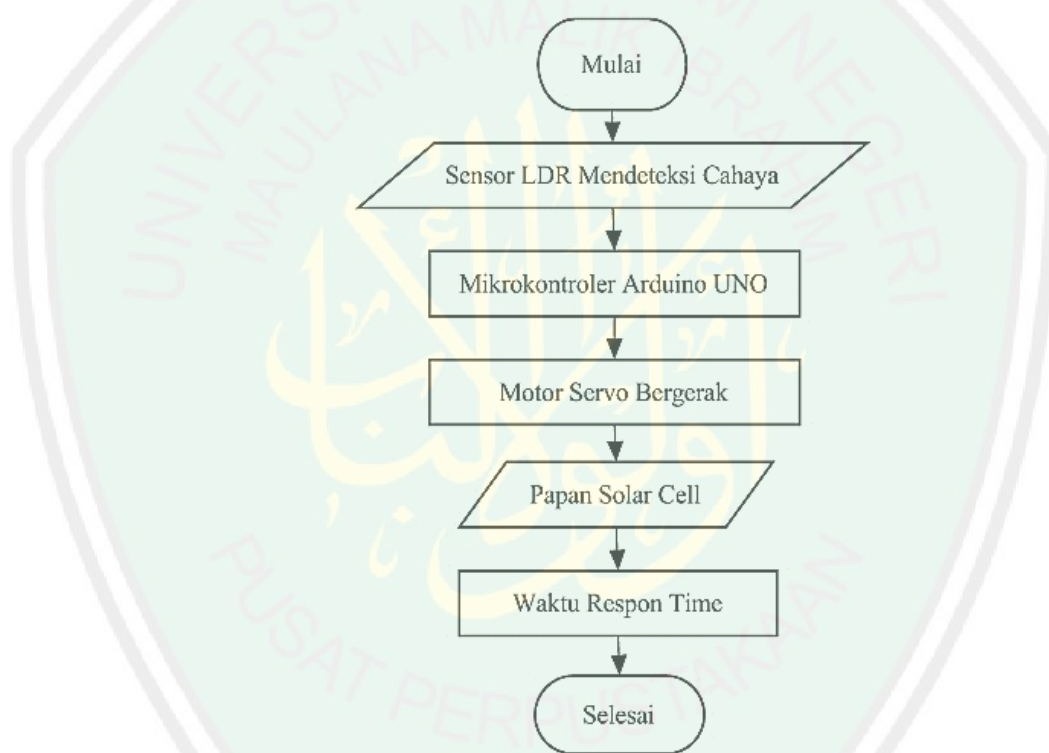
Hardware tracker system akan dibuat dengan menggunakan alat dan bahan yang berada poin 3.3 yang akan dirangkai menjadi sebuah perangkat keras. Pada gambar 3.2 menjelaskan bahwa rancangan alat yang akan dibuat. Miniatur mobil sebagai dasar penempatan desain *tracker system* panel surya dan dimanfaatkan ketika mencari nilai waktu respon. Kemudian desain penampang *tracker system* panel surya dibuat dalam bentuk setengah bola dengan dua penyangga. Modul sensor *solar cell* sendiri disusun secara horizontal mengelilingi bentuk setengah lingkaran. Penggunaan triplek dibawah penyangga berfungsi untuk menempatkan motor servo yang berada pada posisi horizontal dalam desain alat tersebut.

Perangkat keras yang dibuat adalah *tracker system* yang bersifat dinamis yakni bergerak ketika ada sinar yang mengenai sensor LDR. Sehingga untuk menggerakkan *hardware* yang dibuat menggunakan motor servo tipe MG90. Selain motor servo, arduino uno digunakan sebagai processor merupakan mikrokontroler yang merupakan pengembangan *board* mikrokontroler yang mampu menjalankan antarmuka sensor yang dijalankan secara bersamaan.



Gambar 3.3 Rancangan Desain *Tracker System* Panel Surya

Sensor Arus yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sensor MAX471 yang mempunyai prinsip sebagai pengganti *hall effect*. Sensor ini dapat mengubah suatu aliran arus menjadi tegangan dengan bentuk sinyal berupa analog. Sedangkan sensor tegangan untuk mendeteksi tegangan keluaran dari modul panel surya. Dan untuk penggunaan multiplexer sebagai kendali *selector* berupa nilai keluaran pada masing-masing modul *solar cell*.



Gambar 3.4 Diagram Alir Perangkat Keras *Tracker System* Panel Surya

3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Software yang mendukung kerja sistem pada perancangan *tracker system* panel surya diperlukan perangkat lunak digunakan disini adalah program pada *software* IDE Arduino 1.0.5. Bahasa yang digunakan adalah bahasa C yang terdapat pada IDE Arduino yang dapat didownload di website resmi Arduino

www.arduino.cc. Pengendalian sistem yang berpusat pada Arduino sepenuhnya diatur oleh program utama *software* Arduino.

3.6 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di dalam ruangan redup cahaya, karena akan mengamati suatu perubahan besar datang sinar yang akan langsung dipancarkan menuju panel surya dengan jarak 50 cm. Selain itu data yang diambil berupa besar tegangan dan arus yang ada pada 4 buah sensor yang diletakan pada desain *tracker system*. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi sudut dengan keadaan posisi sensor modul *solar cell* yang berbeda-beda. adapun rencana format tabel data sebagai berikut:

Tabel 3.1 Format Tabel Data Penelitian

| No | Sudut (°) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|----|-----------|-----------------|---------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Tabel 3.2 Format Tabel Data Penelitian Waktu Respon *Tracker System* Panel Surya

| No | Perubahan Posisi Arah | Sudut Putar (°) | Waktu (sekon) | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (Watt) |
|----|-----------------------|-----------------|---------------|--------------|----------|-------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

3.7 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data pada penelitian ini yaitu dilakukan untuk menghitung nilai *output* sebuah daya dari masing-masing sensor *solar cell*. Untuk menghitung nilai daya (P) yang dihasilkan maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = V \times I$$

Dengan P adalah daya yang memiliki satuan Watt, V adalah tegangan keluaran (Volt) dan I adalah arus (Ampere).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dengan judul desain dan pembuatan *tracker system* satu sumbu berbasis arduino untuk optimalisasi daya panel surya memiliki tujuan menciptakan suatu alat yang memanfaatkan energi matahari yang disimulasikan menggunakan lampu dop sebesar 100 Watt ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan redup cahaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya pada *tracker system* berbasis arduino uno dan untuk mengetahui waktu respon panel surya terhadap pergerakan *tracker system* berbasis arduino uno. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah posisi sudut datang, arus, tegangan, daya, dan waktu respon yang dihasilkan *tracker system* panel surya berbasis arduino uno.

Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler arduino yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian *software* dan *hardware*. *Hardware* yang digunakan pada penelitian kali ini berupa arduino uno berfungsi sebagai pengolah inputan dari beberapa sensor dan beberapa piranti lainnya. *Software* yang digunakan adalah software arduino IDE sebagai sistem perintah atau program dengan menuliskan kodingan atau *sketch* dalam bahasa C yang akan diupload ke *hardware* arduino uno. pada penelitian ini juga menggunakan empat buah modul sensor *solar cell* sebagai masukan serta sebuah motor servo sebagai penggerak serta sensor tegangan dan sensor arus MAX471.

Penelitian kali ini dilakukan beberapa pengukuran yaitu pengukuran posisi sudut, waktu respon, arus dan tegangan serta daya. Pengukuran pertama adalah pengukuran tegangan dan arus dengan menempatkan lampu dop pada posisi awal 0° sampai posisi 90° tegak lurus dengan modul sensor *solar cell*. Hasil yang terbaca pada pengukuran kali ini adalah berupa arus dan tegangan pada masing-masing modul sensor *solar cell* kemudian akan ditampilkan pada *software* arduino IDE. Pengukuran kedua yaitu pengukuran waktu respon dari *tracker system* panel surya, hal ini mengacu pada berapa lama waktu yang diperlukan *tracker system* panel surya dalam berganti arah mengikuti sumber cahaya.

Board arduino adalah salah satu sistem kontrol yang digunakan pada penelitian kali ini. *Board* mikrokontroler memiliki spesifikasi dalam sebuah chip kecil. Chip ini lebih hebat 1000 kali dari Macbook, tetapi arduino ini selain bisa digunakan oleh pengguna yang awam juga karena harganya yang jauh lebih murah dan sangat bermanfaat untuk membangun perangkat yang menarik. Dengan chip hitam memiliki 28 kaki, atau biasa disebut dengan IC Mikrokontroler 328.

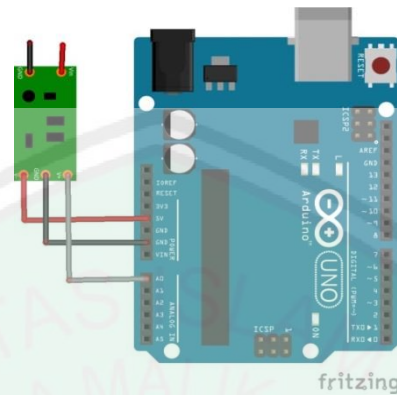
Selanjutnya adalah program arduino IDE. Arduino IDE adalah kependekan dari *Integrated Development Environment* yang merupakan program yang bekerja di PC dan dapat membantu pengguna *board* arduino untuk menulis sebuah *sketch* dalam model bahasa yang sederhana. Ketika menu upload diklik, *code* yang telah ditulis akan diterjemahkan ke dalam bahasa C dan akhirnya dimengerti oleh mikrokontroler.

4.1.1 Pemograman Arduino

Arduino uno merupakan mikrokontroler tipe IC ATmega 328 yang berfungsi sebagai kendali utama sebuah perangkat sensor maupun perintah-perintah lain yang berkaitan dengan sistem. Penggunaan arduino ini juga sangat efisien dan praktis untuk sebuah alat otomatis karena perkembangan arduino ini mampu menampilkan serial monitor langsung dari nilai pembaca sensor. Dalam *software* Arduino IDE terdapat *sketch* atau *coding instruction* sebagai pembaca sensor maupun pengolahan data yang diterima.

4.1.2 Pengujian Sensor Tegangan dengan *Solar Cell*

Pengujian sensor tegangan bertujuan untuk membaca nilai tegangan yang dihasilkan oleh modul *solar cell*. Sebuah modul sensor tegangan yang menggunakan prinsip pembagi tegangan yang dapat mengurangi input hingga 5 kali dari tegangan asli, keluaran *solar cell* dihubungkan dengan sebuah resistor 100 Ohm sebagai beban agar arus dan tegangan yang melewati resistor dapat dilemahkan. Nilai yang masuk pada mikrokontroler masih berupa DAC (*Digital Analog Converter*) yaitu nilai tegangan berupa arus sehingga harus dikonversikan menjadi nilai ADC (*Analog Digital Converter*) agar dapat terbaca. Pengukuran keluaran sensor tegangan menggunakan multimeter dan mikrokontroler arduino uno dengan beban sensor tegangan, hasil *output* dari multimeter kemudian dibandingkan dengan hasil dari mikrokontroler. Pada sensor tegangan memiliki pin input yaitu GND dan Vcc dan pin output terdiri dari (s) sebagai analog input Arduino, (-) disambungkan dengan GND Arduino, dan (+) tidak diaktifkan.



Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan

Sketch pemrograman yang dimasukkan ke arduino IDE untuk pengkalibrasian sensor *solar cell* dengan sensor tegangan adalah sebagai berikut:

```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);

  // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0
- 5V):
  float voltage = (sensorValue * (5.0 / 1023.0))*5.26;
  float tegangan = (voltage*0.953)+0.0617;

  // print out the value you read:
```

```

Serial.println(tegangan);

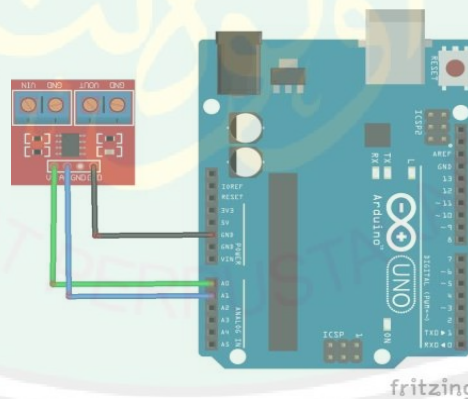
delay (1000);

}

```

4.1.3 Pengujian Modul Sensor Arus MAX471

Pengujian Modul Sensor arus MAX471 bertujuan untuk melihat nilai dari arus yang masuk pada masing-masing modul sensor *solar cell*. Modul sensor arus MAX471 memiliki 4 pin sebagai input dari modul panel surya yang terdiri dari ground (-) dan (+) yg disambungkan dengan (-) dan (+) panel surya. Sedangkan pin output meliputi pin VT dihubungkan dengan A0 sebagai analog *input* pada mikrokontroler arduino uno, pin AT disambungkan ke A1, dan terdapat 2 pin GND.

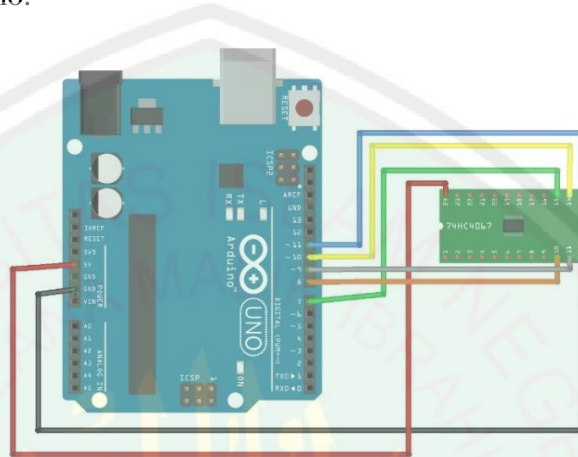


Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian Sensor Arus MAX471

4.1.4 Pengujian Multiplexer 74HC4067

Pengujian modul multiplexer 74HC4067 bertujuan untuk mengetahui keluaran dari 4 modul *solar cell*. Dengan menggunakan modul MUX 16 chanel yang dipasang secara paralel maka output akan secara simultan dibantu dengan kode *selector*. Modul MUX memiliki 16 pin, 4 selektor, vcc dan ground. Pin

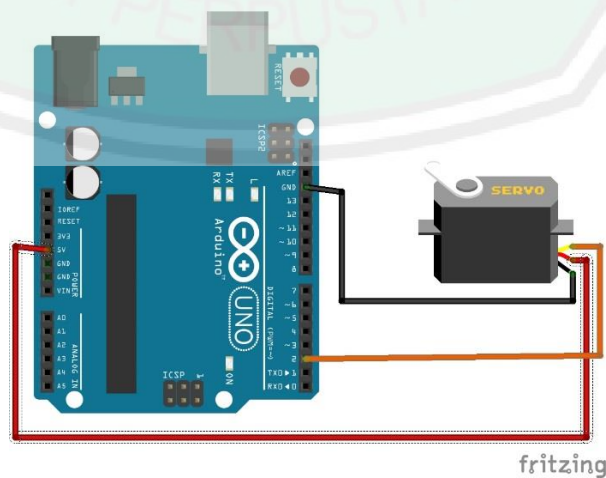
dari C0 sampai C7 dihubungkan dengan ke empat modul *solar cell*, 4 selector dihubungkan dengan pin Arduino, Vcc dengan sumber tegangan dan GDN dengan GND Arduino.



Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Arduino uno dengan Multiplexer 74HC4067

4.1.5 Pengujian Motor Servo

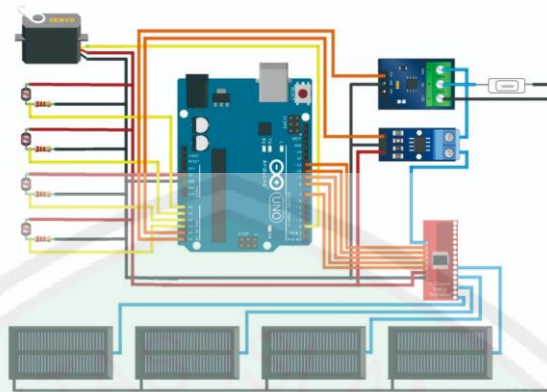
Pengujian servo bertujuan untuk melihat perputaran motor servo yang akan digunakan dalam pembuatan *tracker system*. Motor servo memiliki 3 pin. Yaitu pin Vcc dihubungkan dengan Vcc Arduino, GND dengan GND dan Sumber dengan pin 9.



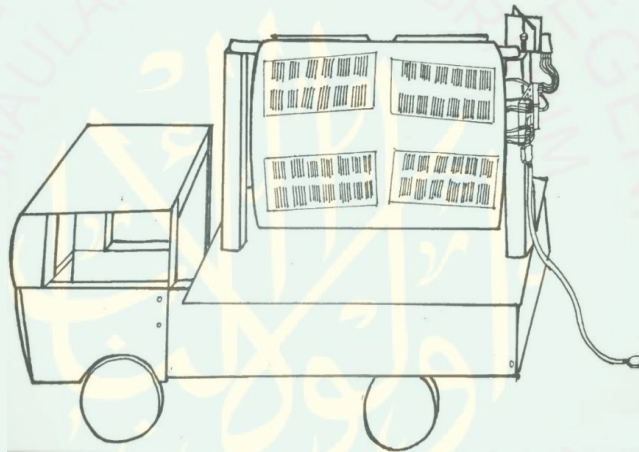
Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian Motor Servo

4.1.6 Pembuatan *Tracker System* Panel Surya

Pembuatan *tracker system* panel surya ini merupakan rangkaian yang membutuhkan energi matahari yang disimulasikan dengan lampu dop 100 Watt sebagai sumber cahaya utama yang dapat mengkonversikan dari energi panas menjadi energi listrik. Dalam pembuatan sistem ini menggunakan beberapa komponen elektronika yaitu, Arduino uno 1 buah, modul sensor *solar cell* 4 buah, modul tegangan 1 buah, sensor arus MAX471 1 buah, modul multiplexer 74HC4067 1 buah, sensor LDR 4 buah, dan motor servo. Satu rangkaian terdapat kendaraan roda empat sebagai dasar rancangan *tracker system* panel surya dengan ukuran 40 cm x 15 cm. Untuk bagian inti dari *tracker system* panel surya menggunakan sebuah motor servo sebagai penggerak horizontal, papan dengan ukuran 30 cm x 21cm diletakkan diatas kendaraan roda empat berfungsi sebagai penyangga dasar *tracker system* panel surya dan terdapat dua penyangga dengan ukuran 17 cm x17 cm untuk menyangga papan triplek modul *solar cell*, modul *solar cell* yang dipasang pada sebuah karton berbentuk setengah bola. Untuk salah satu sisi papan triplek sensor *solar cell* diletakkan 4 buah sensor LDR. Gambar 4.6 menjelaskan hasil dari rancangan *tracker system* panel surya yang siap digunakan:



Gambar 4.5 Skema Rangkaian Pengujian Keseluruhan Sistem



Gambar 4.6 Rancangan *Tracker System* Panel Surya dengan Miniatur Mobil

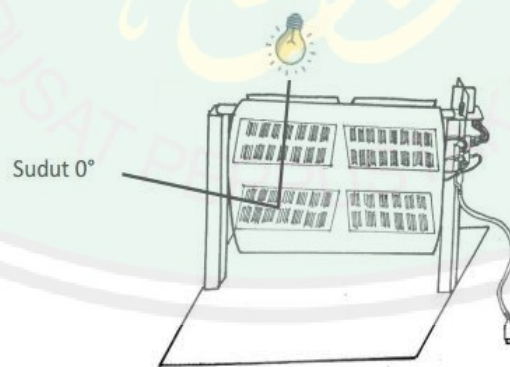
4.1.7 Unjuk Kerja Alat

Unjuk kerja alat ini yaitu untuk mengetahui nilai keluaran berupa tegangan dan arus pada posisi sudut yang berbeda sehingga dapat mengetahui daya yang didapatkan pada modul *solar cell*. Prinsip kerja desain alat ini yaitu sumber panas dari lampu dop yang terserap oleh modul *solar cell* akan diteruskan menuju ke sensor tegangan dan sensor arus yang diberi hambatan 100 Ohm. Nilai keluaran yang berbeda dikendalikan dengan MUX yang berfungsi sebagai *selector*. Sehingga tampilan serial monitor pada *software* arduino IDE yaitu setiap perubahan posisi sudut datang maka nilai dari tegangan dan arus akan

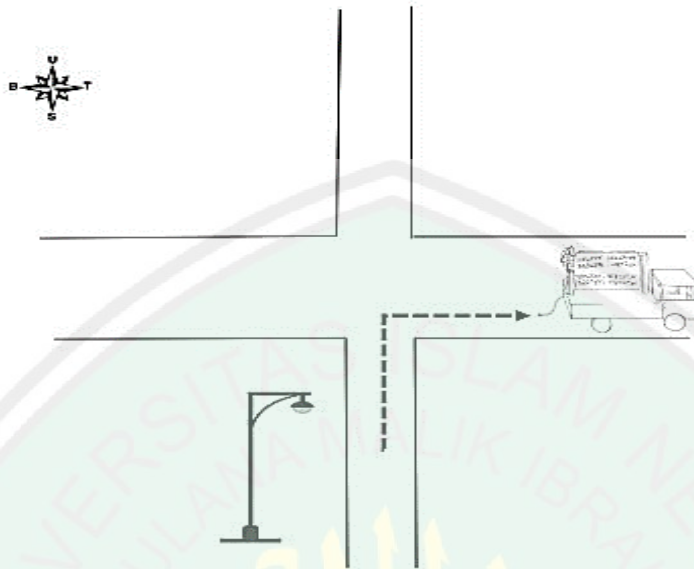
berubah pada masing-masing modul *solar cell*. Selain itu, alat ini akan bekerja jika ada pancaran cahaya yang mengenai sensor LDR kemudian mikrokontroler akan memerintahkan motor servo agar bergerak mengikuti arah gerak cahaya yang datang. Cahaya yang mengenai modul *solar cell* akan diserap kemudian energi berupa panas akan dikonversikan menjadi energi listrik.

4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Rabu, 29 Maret - 31 Maret 2019 dan menghasilkan beberapa hasil yang berbeda. Pengambilan data pada penelitian ini terdapat 2 metode yaitu pertama, ketika lampu dop sebagai sumber cahaya diletakan pada sudut 0° sampai sudut 90° terhadap modul sensor *solar cell*. Kedua, menempatkan *tracker system* panel surya pada posisi awal kemudian bergerak lurus dan dibelokan.



Gambar 4.7 Skema Pengujian Karakterisasi Panel Surya



Gambar 4.8 Skema Pengujian Waktu Respon *Tracker System* Panel Surya

4.3 Pembahasan

Penelitian tentang pembuatan *tracker system* panel surya menghasilkan nilai berupa arus dan tegangan dari masing-masing modul *solar cell*. Pembuatan alat ini menggunakan beberapa macam komponen-komponen elektronika seperti sensor tegangan, sensor LDR, sensor arus MAX471, motor servo dengan sebuah mikrokontroler berupa arduino uno serta modul multiplexer 74HC4067. Masing-masing komponen dirangkai sedemikian rupa seperti gambar 4.6. Pengambilan data dilakukan secara langsung pada modul *solar cell* yang disinari oleh lampu dop 100 Watt dari posisi sudut 0° sampai sudut 90° yaitu tegak lurus dan masing-masing modul *solar cell* dipasang secara horizontal. Kemudian pengambilan data waktu respon *tracker system* panel surya dengan menggerakkan miniatur mobil dari posisi awal kemudian dijalankan ke suatu arah dan dibelokkan 90° .

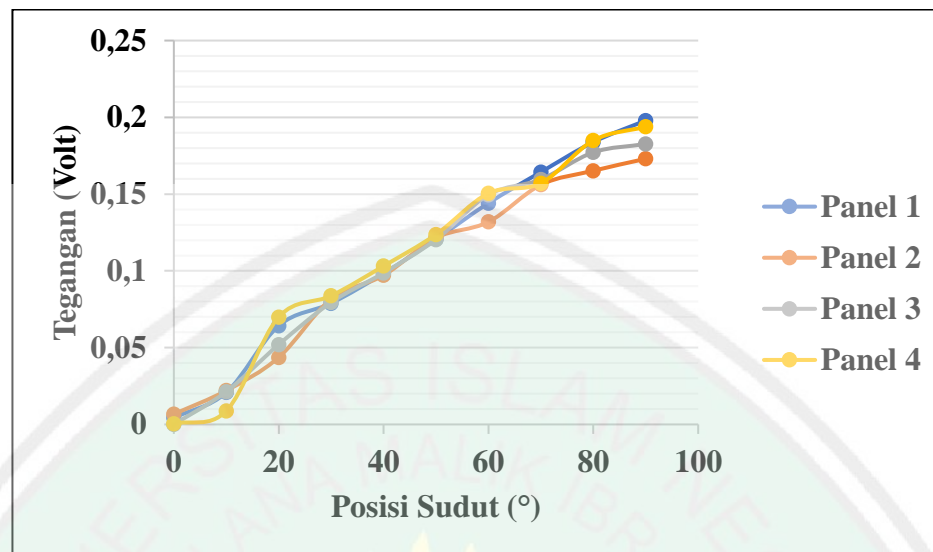
Hasil pengujian modul sensor tegangan dan modul arus MAX471 menunjukkan bahwa nilai keluaran yang diperoleh berupa tegangan dan arus dari

modul *solar cell*. Untuk pengujian sensor LDR dengan motor servo menunjukkan respon dari pergerakan motor servo berfungsi untuk perputaran rangkaian *tracker system*. Sedangkan pengujian MUX atau multiplexer dilakukan untuk pengendalian input 4 modul sensor *solar cell* agar dapat memunculkan nilai arus dan tegangan dan arus secara simultan.

Pengujian dari keseluruhan rangkaian dengan tujuan menguji setiap fungsi modul *solar cell*, kemudian didapatkan hasil penelitian berupa tegangan, arus pada setiap perubahan posisi sudut datang sumber cahaya dan waktu respon dari pergerakan *tracker system* panel surya. Desain dan pembuatan *tracker system* panel surya yang telah dibuat bekerja sesuai prinsip kerja yaitu ketika cahaya mengenai sensor LDR dan membaca nilai ADC maka mikrokontroler akan memerintahkan motor servo untuk bergerak sesuai arah sumber cahaya. Modul *solar cell* akan mengalirkan arus dan tegangan menuju sensor tegangan dan sensor arus MAX471 untuk dilemahkan terlebih dahulu sehingga tidak terjadi keadaan *overload*, kemudian nilai yang telah masuk diteruskan menuju multiplexer berfungsi sebagai *selector* data. Pada masing-masing modul *solar cell* menghasilkan arus dan tegangan yang berbeda. Nilai arus dan tegangan masuk ke mikrokontroler arduino uno dan dimunculkan pada serial monitor software arduino IDE.

4.3.1 Karakterisasi Panel Surya

Karakterisasi panel surya berdasarkan posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya menggunakan lampu dop 100 Watt dengan jarak 50 cm antara sumber cahaya dengan panel surya.



Gambar 4.9 Grafik Pengujian Karakterisasi Panel Surya

Gambar 4.9 merupakan grafik hasil pengujian karakterisasi panel surya. Hasil karakterisasi panel surya berdasarkan posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya menghasilkan output berupa tegangan, arus, dan daya pada panel surya. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa posisi sudut datang dimulai dari sudut 0° sampai sudut 90° . Pada posisi sudut 40° dan 50° memiliki perbedaan nilai tegangan yang kecil dibandingkan dengan posisi sudut lainnya, nilai tegangan yang berbeda dihasilkan karena perbedaan posisi *solar cell* terhadap sumber cahaya. Pada posisi sudut datang 90° diperoleh nilai tegangan maksimum karena posisi sumber cahaya tegak lurus dengan panel surya. Hasil dari karakterisasi panel surya digunakan untuk mengontrol mikrokontroler berbasis arduino uno dalam menggerakkan *tracker system* ke posisi tegak lurus dengan sumber cahaya.

Keempat panel surya tersebut memiliki nilai tegangan yang berbeda-beda pada posisi sudut 0° . Berdasarkan gambar 4.9 panel surya 3 memiliki nilai

tegangan yang paling rendah dibanding ketiga panel lainnya yaitu sebesar 0 Volt. Keadaan ini dinamakan *Isc* atau *Short Circuit Current* yaitu keadaan arus listrik maksimum pada nilai Volt sama dengan nol. Dari hasil uji panel surya dihasilkan nilai tegangan maksimum pada posisi sudut 90° untuk masing-masing panel surya yaitu sebesar 0.198 Volt (panel 1), 0.173 Volt (Panel 2), 0.182 Volt (Panel 3), dan 0.193 Volt (Panel 4).

Hasil pengujian posisi sudut datang terhadap panel surya juga menghasilkan nilai arus dari keempat panel surya. Besarnya nilai arus listrik berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang dihasilkan. Jika tegangan semakin besar, maka arus akan semakin meningkat. Hasil penelitian ini selain menghasilkan nilai tegangan dan arus kemudian dapat menentukan nilai daya dari panel surya. Nilai daya yang paling besar didapatkan yaitu pada panel 1 dengan daya maksimum sebesar 0.09 Watt pada posisi sudut 90° dan nilai daya yang paling kecil pada posisi sudut 0° dengan panel 3 yaitu 0 Watt, karena tidak ada tegangan yang dihasilkan oleh panel 3. Hubungan antara tegangan, arus, dan daya adalah besar daya maksimum dipengaruhi oleh tegangan dan arus maksimum.

4.3.2 Data Hasil Pengukuran Waktu Respon *Tracker System* Panel Surya

Respons time atau waktu respon adalah waktu yang diperlukan sistem untuk menyesuaikan posisi setelah perubahan posisi sudut putar *tracker system* terhadap sumber cahaya. Pengambilan data pada perancangan *tracker system* ini yaitu dilakukan ketika kendaraan miniatur mobil berada pada posisi awal dan berbelok kearah yang dituju.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Waktu Respon *Tracker System* Panel Surya

| No | Perubahan Posisi Arah | Sudut Putar (°) | Waktu (sekon) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|----|-----------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | Selatan-Utara-Timur | 21 | 8,39 | 1,4 | 0,663 | 0,927 |
| 2 | Timur-Barat-Utara | 23 | 9,28 | 1,54 | 0,669 | 1,03 |
| 3 | Utara-Selatan-Barat | 14 | 5,12 | 1,03 | 0,575 | 0,592 |
| 4 | Barat-Timur-Selatan | 20 | 7,48 | 1,08 | 0,580 | 0,624 |

Respons time atau waktu respon *tracker system* adalah waktu yang dibutuhkan oleh *tracker system* agar tetap berada pada posisi tegak lurus terhadap sumber cahaya. Pengujian waktu respon bertujuan untuk mengetahui pergerakan *tracker system* panel surya terhadap sumber cahaya.

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran waktu respon *tracker system* panel surya. Nilai tegangan tertinggi pada waktu posisi panel surya tegak lurus dengan sumber cahaya. Pengujian pertama diperoleh nilai tegangan sebesar 1,4 Volt dan arus 0,663 Ampere pada panel 1, pengujian kedua diperoleh nilai tegangan sebesar 1,54 Volt dan arus 0,669 Ampere pada panel 3. Pengujian ketiga, diperoleh nilai tegangan sebesar 1,03 Volt dan arus 0,575 Ampere pada panel 1 dan pengujian keempat, diperoleh nilai tegangan sebesar 1,08 Volt dan arus 0,580 Ampere pada panel ke 1. Hasil nilai tegangan yang berbeda dikarenakan sudut putar *tracker system* panel surya yang bergerak menyesuaikan posisi tegak lurus terhadap sumber cahaya. Pergerakan *tracker system* menuju sumber cahaya memiliki nilai sudut putar sebesar 21°, 23°, 14°, dan 20°. Nilai

sudut putar yang berbeda juga mempengaruhi hasil pengujian waktu respon tracker system panel surya yaitu 8,39 sekon, 9,28 sekon, 5,12 sekon, dan 7,48 sekon. Sudut putar yang lebih besar memerlukan lebih banyak waktu untuk bergerak menuju posisi tegak lurus terhadap sumber cahaya dibandingkan dengan sudut putar yang lebih kecil memerlukan waktu respon yang lebih cepat.

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, penelitian ini menghasilkan hubungan antara tegangan, sudut putar dan waktu respon. hubungan antara tegangan, sudut putar dan waktu respon yaitu semakin besar sudut putar pergerakan *tracker system* maka waktu yang dibutuhkan untuk merespon lebih lama dan nilai tegangan akan semakin tinggi. Selain itu, data yang dihasilkan dari kedua metode pengujian dapat dibandingkan nilai daya yang didapatkan, pada pengujian karakterisasi panel surya memiliki nilai daya yang lebih kecil yaitu sebesar 0.098 Watt, 0.082 Watt, 0.0843 Watt, dan 0.0947 Watt dibandingkan dengan pengujian menggunakan *tracker system* panel surya sebesar 0.927 Watt, 1.03 Watt, 0.592 Watt, dan 0.624 Watt. Hal ini disebabkan karena prinsip kerja dari sebuah *tracker system* adalah mengikuti arah gerak dari sumber cahaya sehingga nilai yang didapatkan lebih optimum pada posisi tracker system tegak lurus terhadap sumber cahaya.

4.4 Integrasi Ayat al-Quran

Allah SWT telah menciptakan matahari sebagai sumber kehidupan untuk umat manusia. Matahari tidak hanya dimanfaatkan oleh manusia tapi hewan dan tumbuhan memerlukan matahari untuk kehidupannya. Salah satu cara yang dapat

dilakukan manusia untuk mempertahankan hidupnya yaitu dengan cara memanfaatkan dan mengelolanya dengan baik.

Penelitian *tracker system* panel surya memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi yang menghasilkan listrik. Energi matahari dapat dimanfaatkan menjadi energi yang dapat menggantikan energi terbarukan seperti fosil, minyak bumi, dan lain-lain. Energi matahari telah digunakan sebagai sumber untuk baterai matahari atau *solar cell*. Dengan menggunakan energi matahari berarti manusia telah memanfaatkan karunia yang diberikan oleh Allah SWT. Dalam al-Quran Allah SWT telah berfirman:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٍ بِأَمْرِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ
لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٢﴾

“Dan Dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untukmu. Dan bintang-bintang itu ditundukkan (untukmu) dengan perintah-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memahaminya” (Q.S an-Nahl[16]: 12).

Shihab (2011) Teknologi lahir dari pengamatan fenomena alam. Allah SWT dalam Q.S an-Nahl [16]: 12 terdapat kata “*sakhor*” yang artinya tunduk, patuh. Allah telah menundukkan apa yang ada di langit dan di bumi untuk manusia, selain itu Allah SWT memerintahkan memperhatikan alam raya dan memerintahkan untuk membaca dan meneliti. Sehingga dapat diartikan teknologi yaitu kemampuan manusia menciptakan suatu alat melalui pengetahuannya. Dalam ayat tersebut juga Allah SWT menggambarkan alam raya bagaikan tunduk kepada manusia seperti Allah SWT tundukan panas untuk manusia.

Penelitian tentang pembuatan *tracker system* panel surya membutuhkan sinar matahari secara langsung pada siang hari, dimana sinar matahari yang masuk

pada panel surya akan disimpan dalam bentuk energi listrik kemudian pada malam hari dapat dimanfaatkan sebagai penerang berupa lampu, pengisi baterai untuk ponsel dan lain sebagainya.

Perkembangan Ilmu pengetahuan dan Teknologi saat ini sudah semakin pesat, banyak para ilmuwan meneliti hal-hal yang tidak nalar di akal manusia dan menemukan hal-hal yang baru dalam dunia keilmuan. IPTEK berkembang karena kebutuhan manusia untuk melakukan pembaharuan penelitian dan pengembangan teknologi modern yang berbeda dengan zaman dahulu dan tidak menutup kemungkinan ilmu-ilmu yang berkembang pada saat ini berawal dari konsep teori dasar yang sudah ada dari zaman terdahulu. Allah SWT telah berfirman dalam al-Quran Surat al-‘Alaq 1-5:

أَقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ ۝ خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ ۝ أَلَمْ نَكُنْ مِنْ عِنْدِ رَبِّكَ الْأَكْرَمَ ۝
الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ ۝ عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ۝ [سورة العلق, ١-٥]

“Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah. Yang mengajar (manusia) dengan perantaran kalam. Dia mengajar kepada manusia apa yang tidak diketahuinya”(Q.S al-‘Alaq[96] :1-5)

Ayat diatas menyebutkan bahwa manusia diciptakan untuk menjadi khalifah (pengganti) di bumi dan manusia diberikan akal untuk selalu berfikir dan bersyukur atas nikmat dan karunia yang telah Allah SWT berikan. Q.S al-‘Alaq merupakan wahyu pertama yang Allah turunkan kepada Rasulullah SAW sehingga berubahlah keadaan jahiliyyah menuju perubahan zaman termasuk perubahan dalam segi ilmu pengetahuan.

Menurut Tafsir Ibnu Katsir (1988) kata *Iqra'* memiliki arti membaca, meneliti, menelaah dan menyampaikan. Dari kata *Iqra'* lah manusia diperintahkan untuk memulai sesuatu dengan membaca. Membaca dalam arti membaca atas kekuasaan Allah SWT yang telah menciptakan matahari dan seluruh alam raya ini. Sehingga dalam ayat ini diperintahkan untuk mencari ilmu pengetahuan supaya dapat memajukan perkembangan teknologi

Kandungan Q.S al -'Alaq ayat 1-5 bagi seorang peneliti adalah diperintahkan untuk selalu mengembangkan sebuah teknologi atau ilmu pengetahuan sesuai dengan ajaran atau kepribadian manusia sehingga dari diciptakannya teknologi mampu memuliakan ilmu yang ada pada diri setiap manusia sehingga sebuah teknologi akan selalu berkembang dari zaman ke zaman.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Penelitian tentang desain dan pembuatan *tracker system* panel surya menggunakan mikrokontroler berbasis arduino uno menghasilkan karakterisasi panel surya berdasarkan posisi sudut terhadap panel surya. Pengaruh posisi sudut datang sumber cahaya terhadap panel surya pada *tracker system* yaitu semakin besar sudut datang sumber cahaya maka nilai dari tegangan dan arus yang dihasilkan semakin tinggi. Posisi sudut datang sebesar 90° memiliki nilai tegangan maksimum karena sumber cahaya dan panel surya berada pada bidang tegak lurus. Hasil daya yang didapatkan dari hubungan tegangan dan arus yaitu sebesar 0.098 Watt, 0.082 Watt, 0.0843 Watt, dan 0.0947 Watt.
2. Waktu respon pergerakan *tracker system* panel surya yaitu waktu yang diperlukan *tracker system* panel surya agar berada pada posisi tegak lurus terhadap sumber cahaya. Waktu respon dipengaruhi oleh sudut putar *tracker system* panel surya yang bergerak mengikuti sumber cahaya. Semakin besar nilai tegangan, sudut putar akan semakin besar maka waktu dibutuhkan bergerak akan semakin lama. Penelitian ini menunjukkan nilai daya optimum menggunakan *tracker system* panel surya karena bekerja mengikuti arah cahaya yang datang pada panel surya yaitu sebesar 0.927 Watt, 1.03 Watt, 0.592 Watt, dan 0.624 Watt.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka disarankan dalam penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penelitian menggunakan variasi beban resistansi, karena suatu nilai tegangan dan arus juga dipengaruhi oleh suatu nilai resistansi beban.
2. Pengambilan data menggunakan prototype masih memiliki kendala dalam pengambilan data pada waktu *tracker system* bergerak. Sehingga perlu diperbaharui menggunakan sistem jarak jauh untuk mengontrol nilai keluaran dari *tracker system* panel surya.
3. Rangkaian motor servo yang digunakan harusnya dapat mengimbangi beban berat dari papan *solar cell*, sehingga perlu digunakan dua sumbu agar bergerak lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qarni, 'Aidh. 2008. *Tafsir Muyassar*. Jakarta: Qisthi Press.
- Al-Dimashqiy, Ibnu Katsir. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir*. Yogyakarta: Teras.
- Arduino,-2011.-*Datasheet-Arduino-uno*.-http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoard_arduino. Diakses tanggal 14 Januari 2018.
- Arya, Wardhan Wisnu. 2009. *Al-Qur'an dan Energi Nuklir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Astuti, D. 2012. Perancangan simulator panel surya. Surabaya: Instiut Teknologi sepuluh November, vol.1, no.1, pp. 1-6.
- Banerjee, R. 2015. Solar Tracking System. *International Journal of Sustainable Engineering*, 5(3), 1-7.
- Boando, T. H., & Winardi, S. 2014. *Rancang Bangun Prototipe Sistem Pelacak Matahari Menggunakan Arduino*.
- Barasa, Devia Mery K. 2017. Perbandingan Beberapa Sensor sebagai Pengukur Iluminasi Berbasis Arduino Uno. Skripsi Diterbitkan. Universitas Sumatera Utara.
- Budiharto, Widodo. 2014. *Panduan Praktis Dan Perancangan Hasta Karya Robot*. Jakarta: Andi.
- Datasheet. 2016. www.jameco.com. Diakses pada tanggal 25 mei 2018.
- Departemen Agama RI. 2009. *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jakarta: Departemen Agama RI.
- Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan arduino*. www.tokobuku.com. Di akses tanggal 11 Januari 2018 pukul 07.37 WIB.
- Dyayadi, MT. 2008. *Alam Semesta Bertawaf*. Yogyakarta: Lingkaran.
- Fadhlullah, Khalid. 2017. *Solar Tracking System Berbasis Arduino*. Skripsi Diterbitkan. Makassar: UIN Alauddi Makassar.
- Goswani, D. Y. 2015. *Principles of Solar Engineering Third Edition (Third)*. New York: CRC Press.
- Hardianto, H. E., & Rinaldi, R. S. 2012. Perancangan Prototipe Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik. *Foristek*, 2(2), 208-215. Retrieved from jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/FORISTEK/article/view/10

55/848.

- Ibrahim, K. 1996. *Teknik Digital. (P. I. Santosa, Penerj)*. Yogyakarta: ANDI.
- Hegedus, s. 2003. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Ja'far Shiddieq, Umay M. 2013. *Tafhimul Qur'an 2*. Jakarta: Al'urwatul Wutsqa.
- Katsir, Ibnu. 1988. *Terjemah singkat Tafsir Ibnu Katsir*. Surabaya: P.T Bima Ilmu Offsel, hlm. 180.
- Margolis, Michael. 2011. *Arduino Cookbook Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects*. California: O'Reilly Media.
- Melipurbowo, B G. 2016. *Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS712*. Semarang: Politenik Negeri Semarang.
- Muchlis, M., & Permana, A. D. 2003. *Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN 2003 s.d. 2020. Pengembangan Sistem Kelistrikan Dan Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*, 19-29.
- Mulyono, Agus & Abtokhi, Akhmad. 2006. *Fisika dan Al-Qur'an*. Malang: UIN Maliki.
- Rusman. 2015. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 4(2), 84-90.
- Satwiko. 2012. Uji Karakteristik Sel Surya pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid, (April), 208–212.
- Shihab, M. Quraish. 2003. *Tafsir Al-Misbah*, vol.12 & vol. 14. Jakarta: Lentera hati.
- Sudjadi. 2005. *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler*. Yogyakarta: Graha ilmu.
- Suyadhi, Taufiq Dwi Septian. 2010. *Buku pintar robotika "bagaimana merancang dan membuat robot sendiri"*. Yogyakarta: Andi.
- Syafrialdi, R. 2015. Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Dengan Sensor Ldr Dan Penampil Lcd. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2), 113–122.
- Syawil, M. 2014. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktik Mikrokontroler Arduino + CD*. Yogyakarta: Andi.
- Tanpa-Pengarang.- "*Robotik-Sistem*".-24-September-2018.
http://www.robotiksistem.com/tower_pro_mg90_servo_motor.html.

Tanpa-Pengarang.-Tanpa tahun. https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT4067.pdf. Diakses pada November 2018.

Tanpa-pengarang.-Tanpa_tahun.
<https://pdfserv.maximintegrated.com/en/ds/MAX471-MAX472.pdf>.Diakses pada November 2018.

Tanpa pengarang, Tanpa tahun. <https://moedah.com/modul-solar-cell-panel-surya-mini-6v-1w-200ma/>. Diakses pada tanggal 7 Februari 2018.

Tanpa pengarang, Tanpa tahun. <https://www.flipkart.com/rotoBotix-arduino-uno-328p-micro-controller-board-electronic-hobby-kit/p/itmebvfysckast4>.

Tanpa pengarang. Tanpa tahun. <https://www.sunrom.com/get/443700>. Diakses pada Oktober 2018.

Tirtamihardja, S.H. 1996. Elektronika. Yogyakarta: Andi.

Wahyuni, Dini S. "*Matahari sebagai Bintang dan Bumi sebagai Planet*". 24 September 2018. <http://dinasuciwahyuni.blogspot.com/2015/07/matahari-sebagai-bintang-dan-bumi.html>.

www.ek2.com. Diakses pada November 2018.



LAMPIRAN

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Rata-Rata Hasil Pengukuran 3 Kali Pengulangan Sudut Sinar datang terhadap Modul Solar Cell

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Karakterisasi Posisi Sudut Datang terhadap Panel Surya ke-1 setelah di rata-rata 3 kali pengulangan

| No | Sudut (°) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|----|-----------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | 0 | 0.0043 | 0.4557 | 0.009 |
| 2 | 10 | 0.0208 | 0.4483 | 0.017 |
| 3 | 20 | 0.0643 | 0.4557 | 0.03 |
| 4 | 30 | 0.0789 | 0.454 | 0.036 |
| 5 | 40 | 0.0983 | 0.4547 | 0.045 |
| 6 | 50 | 0.1206 | 0.4647 | 0.056 |
| 7 | 60 | 0.1442 | 0.4667 | 0.067 |
| 8 | 70 | 0.1644 | 0.476 | 0.078 |
| 9 | 80 | 0.1839 | 0.4853 | 0.089 |
| 10 | 90 | 0.1979 | 0.4956 | 0.098 |

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Karakterisasi Posisi Sudut Datang Terhadap Panel Surya ke-2 Setelah di Rata-Rata 3 Kali Pengulangan

| No | Sudut (°) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|----|-----------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | 0 | 0.007 | 0.444 | 0.003 |
| 2 | 10 | 0.022 | 0.444 | 0.01 |
| 3 | 20 | 0.044 | 0.448 | 0.02 |
| 4 | 30 | 0.082 | 0.457 | 0.037 |
| 5 | 40 | 0.097 | 0.457 | 0.044 |
| 6 | 50 | 0.122 | 0.461 | 0.056 |
| 7 | 60 | 0.132 | 0.462 | 0.061 |
| 8 | 70 | 0.156 | 0.465 | 0.073 |
| 9 | 80 | 0.165 | 0.466 | 0.077 |
| 10 | 90 | 0.173 | 0.472 | 0.082 |

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Karakterisasi Posisi Sudut Datang terhadap Panel Surya ke-3 setelah di rata-rata 3 kali pengulangan

| No | Sudut (°) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|----|-----------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | 0 | 0 | 0.443 | 0 |
| 2 | 10 | 0.0213 | 0.4407 | 0.0094 |
| 3 | 20 | 0.052 | 0.4483 | 0.0233 |

| | | | | |
|----|----|--------|--------|--------|
| 4 | 30 | 0.0795 | 0.4523 | 0.036 |
| 5 | 40 | 0.0987 | 0.4507 | 0.0445 |
| 6 | 50 | 0.1204 | 0.4537 | 0.0547 |
| 7 | 60 | 0.1496 | 0.4537 | 0.0679 |
| 8 | 70 | 0.1596 | 0.4587 | 0.0732 |
| 9 | 80 | 0.1772 | 0.4613 | 0.0817 |
| 10 | 90 | 0.1827 | 0.4617 | 0.0843 |

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Karakterisasi Posisi Sudut Datang terhadap Panel Surya ke-4 setelah di rata-rata 3 kali pengulangan

| No | Sudut (°) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|----|-----------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | 0 | 0.0004 | 0.439 | 0.0002 |
| 2 | 10 | 0.0088 | 0.455 | 0.004 |
| 3 | 20 | 0.0699 | 0.457 | 0.0321 |
| 4 | 30 | 0.0838 | 0.465 | 0.0392 |
| 5 | 40 | 0.1031 | 0.469 | 0.0485 |
| 6 | 50 | 0.1237 | 0.475 | 0.059 |
| 7 | 60 | 0.1505 | 0.478 | 0.0719 |
| 8 | 70 | 0.1571 | 0.483 | 0.0761 |
| 9 | 80 | 0.1849 | 0.487 | 0.0902 |
| 10 | 90 | 0.1938 | 0.488 | 0.0947 |

Lampiran 3. Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Selatan Menuju Timur

| No | Sudut Putar (°) | Panel 1 | | Panel 2 | | Panel 3 | | Panel 4 | |
|----|-----------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA |
| 1 | 180 | 0 | 500 | 0.98 | 500 | 0.98 | 638 | 0.98 | 688 |
| 2 | 180 | 0 | 500 | 0 | 506 | 0 | 506 | 0 | 513 |
| 3 | 179 | 0.22 | 456 | 0.02 | 431 | 0.15 | 456 | 0.81 | 625 |
| 4 | 175 | 0.12 | 444 | 0 | 425 | 0.98 | 644 | 0.86 | 631 |
| 5 | 174 | 0.12 | 438 | 0.2 | 425 | 0.78 | 631 | 0.78 | 631 |
| 6 | 168 | 1.47 | 663 | 1.08 | 638 | 1.3 | 663 | 1.1 | 638 |
| 7 | 166 | 1.42 | 663 | 1.05 | 631 | 1.27 | 663 | 1.03 | 606 |
| 8 | 160 | 1.37 | 663 | 1.03 | 631 | 1.22 | 663 | 1 | 388 |
| 9 | 159 | 1.34 | 663 | 1.05 | 638 | 1.27 | 656 | 1 | 631 |

Lampiran 4. Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Timur Menuju Utara

| No | Sudut Putar (°) | Panel 1 | | Panel 2 | | Panel 3 | | Panel 4 | |
|----|-----------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA |
| 1 | 180 | 0.07 | 431 | 0.37 | 456 | 0.1 | 444 | 1.3 | 700 |

| | | | | | | | | | |
|----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 2 | 177 | 0 | 494 | 0 | 500 | 0 | 494 | 0.73 | 675 |
| 3 | 174 | 0 | 494 | 0 | 500 | 0.88 | 688 | 0 | 488 |
| 4 | 170 | 0.05 | 494 | 0 | 500 | 0 | 494 | 0 | 494 |
| 5 | 168 | 0.05 | 494 | 0 | 500 | 0 | 494 | 0 | 494 |
| 6 | 165 | 0.05 | 494 | 0 | 494 | 0 | 488 | 0 | 494 |
| 7 | 162 | 0.05 | 494 | 0 | 494 | 0 | 488 | 0 | 494 |
| 8 | 150 | 0.64 | 681 | 1.25 | 644 | 1.54 | 669 | 1.27 | 644 |
| 9 | 144 | 1.37 | 650 | 1.12 | 638 | 1.27 | 656 | 1.1 | 650 |
| 10 | 141 | 0.15 | 444 | 0.32 | 463 | 0.1 | 450 | 1.37 | 644 |

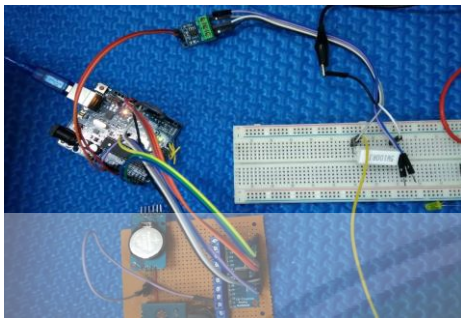
Lampiran 5. Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Utara Menuju Barat

| No | Sudut Putar (°) | Panel 1 | | Panel 2 | | Panel 3 | | Panel 4 | |
|----|-----------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA |
| 1 | 180 | 0.9 | 644 | 0.88 | 663 | 0.93 | 650 | 0.9 | 650 |
| 2 | 177 | 0.86 | 613 | 0.83 | 631 | 0.83 | 631 | 0.86 | 638 |
| 3 | 175 | 0.83 | 619 | 0.78 | 619 | 0.81 | 625 | 0.81 | 625 |
| 4 | 171 | 0 | 431 | 0 | 431 | 0 | 425 | 0 | 425 |
| 5 | 171 | 0 | 431 | 0.05 | 438 | 0 | 425 | 0.02 | 500 |
| 6 | 170 | 0 | 431 | 0.07 | 438 | 0 | 631 | 0.02 | 444 |
| 7 | 167 | 1.03 | 658 | 0.88 | 638 | 0.9 | 663 | 0.86 | 656 |
| 8 | 167 | 1.03 | 658 | 0.88 | 638 | 0.68 | 700 | 0.83 | 694 |
| 9 | 166 | 1.03 | 658 | 0.88 | 650 | 1 | 663 | 0.93 | 656 |
| 10 | 166 | 1 | 713 | 0.88 | 688 | 0.98 | 656 | 0.93 | 656 |

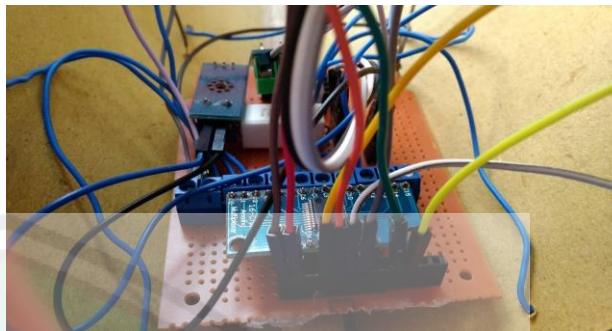
Lampiran 6. Tabel Hasil Pengukuran Waktu Respon dari Posisi Barat Menuju Selatan

| No | Sudut Putar (°) | Panel 1 | | Panel 2 | | Panel 3 | | Panel 4 | |
|----|-----------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA | Volt | mA |
| 1 | 180 | 0.02 | 425 | 0.73 | 331 | 0.88 | 500 | 0.88 | 500 |
| 2 | 178 | 0.02 | 425 | 0.81 | 700 | 0 | 613 | 0.9 | 638 |
| 3 | 171 | 0.05 | 425 | 0.78 | 431 | 0.88 | 650 | 0.86 | 650 |
| 4 | 168 | 0.2 | 444 | 0 | 450 | 0.17 | 456 | 0 | 425 |
| 5 | 167 | 0.1 | 431 | 0.1 | 444 | 0.1 | 444 | 0 | 425 |
| 6 | 166 | 0.05 | 425 | 0.15 | 444 | 0.93 | 506 | 1.17 | 669 |
| 7 | 165 | 0.98 | 644 | 0.98 | 650 | 0.95 | 650 | 0.98 | 669 |
| 8 | 163 | 1.08 | 663 | 1.03 | 656 | 0.98 | 656 | 1 | 681 |
| 9 | 162 | 0.98 | 644 | 1.03 | 675 | 1 | 656 | 0.98 | 663 |
| 10 | 160 | 0.95 | 644 | 0 | 650 | 0.98 | 644 | 1 | 675 |

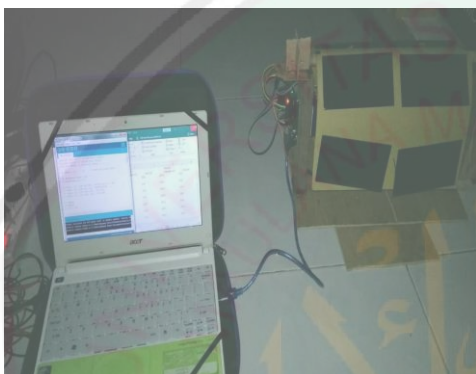
Lampiran 7. Gambar Pembuatan Alat



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar (a) Pengujian Sensor Tegangan dengan Multiplexer (b) Pengujian Keseluruhan Rangkaian *Hardware* (c) Pengujian Sensor LDR (d) Hasil Rancangan *Tracker System* Panel Surya

Lampiran 8. *Sketch Tracker System* Panel Surya Keseluruhan

```
#include <Servo.h> // include Servo library
#include <Wire.h> // include Wire library
Servo horizontal; // horizontal servo
Servo vertical; // vertical servo

int servoh = 180; // 90; // stand horizontal servo
int servov = 45; // 90; // stand vertical servo

int servohLimitHigh = 180;
int servohLimitLow = 0;
int servovLimitHigh = 180;
int servovLimitLow = 85;

int ldrlt = A0; //LDR top left - BOTTOM LEFT <--- BDG
int ldrrt = A2; //LDR top right - BOTTOM RIGHT
int ldrl = A1; //LDR down left - TOP LEFT
int ldrr = A3; //ldr down right - TOP RIGHT

int data1;
```

```

int data2;

#include "MUX74HC4067.h"
MUX74HC4067 mux(7, 8, 9, 10, 11);

#include <Wire.h>

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  horizontal.attach(2);
  horizontal.write(90);
  delay(2000);
}

void loop()
{
  int a = 2;
  int d = 0;

  int lt = analogRead(ldrLt); // top left
  int rt = analogRead(ldrRt); // top right
  int ld = analogRead(ldrLd); // down left
  int rd = analogRead(ldrRd); // down right

  int bias = 50;

  int avt = (lt + rt) / 2; // average value top
  int avd = (ld + rd) / 2; // average value down

  int avl = (lt + ld) / 2; // average value left
  int avr = (rt + rd) / 2; // average value right

  int dvert = avt - avd; // check the diffirence of up and down

  int dhoriz = avl - avr; // check the diffirence og left and rigt

  if (-1*bias > dvert || dvert > bias) // check if the diffirence is in the tolerance else change
  vertical angle
  {
    if (avt > avd)
    {
      servov = servov+3;
      if (servov > servovLimitHigh)
      {
        servov = servovLimitHigh;
      }
    }
  }
}

```

```

}
else if (avt < avd)
{
  servov= servov-3;
  if (servov < servovLimitLow)
  {
    servov = servovLimitLow;
  }
}
vertical.write(servov);
}

if (-1*bias > dhoriz || dhoriz > bias) // check if the diffirence is in the tolerance else
change horizontal angle
{
  if (avl > avr)
  {
    servoh = servoh-3;
    if (servoh < servohLimitLow)
    {
      servoh = servohLimitLow;
    }
  }
  else if (avl < avr)
  {
    servoh = servoh+3;
    if (servoh > servohLimitHigh)
    {
      servoh = servohLimitHigh;
    }
  }
  else if (avl = avr)
  {
    // nothing
  }
  horizontal.write(servoh);
}

Serial.print(servoh);
Serial.print("\t");

```

```

mux.signalPin(A4, INPUT, ANALOG);
for (int b = 0; b < 8; ++b)
{
  d++;
  byte c = a*b;
  data1 = mux.read(c);
  data2 = analogRead(A5);

  Serial.print("Tegangan");
  Serial.print(d);

```

```
Serial.print(" = ");  
Serial.print((double)(data1)/ 40.92);  
Serial.print("V");  
Serial.print("\t");  
  
Serial.print("Arus");  
Serial.print(d);  
Serial.print(" = ");  
Serial.print((double)(data2)* 4.89 / 0.7824);  
Serial.print("mA");  
Serial.print("\t");  
delay(10);  
}  
  
Serial.println();  
Serial.println();  
delay(10);  
}
```





KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jalan Gajayana No. 50 Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Mayang Fauni
NIM : 14640051
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul Skripsi : Desain dan Pembuatan Tracker System Satu Sumbu Berbasis Arduino Uno Untuk Optimalisasi Daya Panel Surya
Pembimbing I : Farid Samsu Hananto, M.T
Pembimbing II : Erna Hastuti, M.Si

| NO | TANGGAL | MATERI | TANDA TANGAN |
|----|------------------|--|--------------|
| 1 | 18 Desember 2017 | Konsultasi Bab I, dan II | |
| 2 | 20 Desember 2017 | Konsultasi Bab III | |
| 3 | 1 November 2018 | Konsultasi Kajian Al-Quran Bab I | |
| 4 | 11 Desember 2018 | Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I-II | |
| 5 | 9 Januari 2019 | Konsultasi kajian agama dan Acc | |
| 6 | 7 Januari 2019 | Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I, II dan IV | |
| 7 | 12 Maret 2019 | Konsultasi Bab IV | |
| 8 | 3 April 2019 | Konsultasi Bab IV dan V | |
| 9 | 8 April 2019 | Konsultasi semua Bab, Abstrak dan Acc | |

Malang, 23 April 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003