

# TUGAS AKHIR

## PERANCANGAN PENGGERAK PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32A TERHADAP PERPUTARAN WAKTU / JAM

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ADJIE WIDTHYO TOMO  
NPM : 1507220023



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : ADJIE WIDTHYO TOMO

NPM : 1507220023

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : **“Perancangan Penggerak Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega 32A Terhadap Perputaran Waktu / Jam”**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Maret 2020

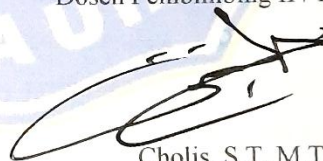
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Faisal Irsan Rasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Peguji



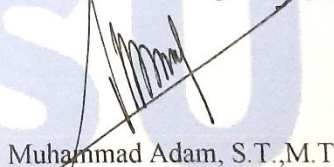
Cholis, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Elvy Sahnur, S.T., M.Pd

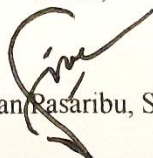
Dosen Pembanding II / Peguji



Muhammad Adam, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Faisal Irsan Rasaribu, S.T., M.T

Unggul | Cerdas | Terpercaya

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Lengkap : Adjie Widthyo Tomo  
Npm : 1507220023  
Fakultas : Teknik  
Program studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

**“PERANCANGAN PENGGERAK PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32A TERHADAP PERPUTARAN WAKTU / JAM”**

Dengan sebenar – benar nya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang di teliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di salah satu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di kutip dalam naskah dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka

Medan, 20 Maret 2020



Adjie Widthyo Tomo

## Abstrak

Indonesia merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5- 4,8 KWh/m<sup>2</sup>. Energi matahari adalah salah satu sumber energi yang dapat diperbaharui dan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Untuk mendapatkan penyerapan cahaya matahari yang optimal maka di perlukan sistem yang dapat membuat panel surya mengikuti pergerakan matahari. Pada penelitian ini dirancang PLTS menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler ATmega32. Pada PLTS ini menggunakan beberapa komponen, seperti: Panel surya 100, *solar charge controller*, mikrokontroler Atmega32. Mikrokontroler ATmega32 sebagai pengendali untuk menghidupkan motor yang ada di dalam actuator sesuai pengontrolan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tegangan yang dihasilkan panel surya mencapai tegangan maksimum sebesar 14.3 volt pada jam 14:00 wib, sedangkan tegangan terendah yang di hasilkan sebesar 12.1 volt pada jam 18:00 wib. Arus maksimum yang di capai pada pengujian sebesar 1.2 Ampere, sedangkan arus minimumnya 0.9 Ampere. Daya maksimum yang di peroleh yaitu sebesar 17,2 Watt, sedangkan daya minimum yang di peroleh sebesar 10,95 Watt.

**Kata kunci:** *Panel surya, Mikrokontroler ATmega32, Motor.*

### ***Abstract***

*Indonesia is a tropical region which has a very large solar energy potential with an average daily insolation of 4.5-4.8 KWh / m<sup>2</sup>. Solar energy is a renewable energy source that can be converted into electrical energy using solar panels. To get the optimal absorption of sunlight, we need a system that can make solar panels follow the movement of the sun. In this study PLTS was designed using a real time system based on the ATmega32 microcontroller. At this PLTS uses several components, such as: 100 solar panels, solar charge controller, Atmega32 microcontroller. ATmega32 microcontroller as a controller to start the motor inside the actuator according to the controller. This study concludes that the voltage produced by solar panels reaches a maximum voltage of 14.3 volts at 14:00 WIB, while the lowest voltage generated is 12.1 volts at 18:00 WIB. The maximum current achieved in the test is 1.2 Amperes, while the minimum current is 0.9 Amperes. The maximum power obtained is 17.2 Watt, while the minimum power obtained is 10.95 Watt.*

***Keywords: Solar Panel, ATmega32 Microcontroller, Motor.***

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH.SWT atasrahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kitau capkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad. SAW karena beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kan kita pesan ilahi untuk dijadikan pedoman hidup agar dapat selamat hidup di dunia hingga nanti kembali keakhirat.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “PERANCANGAN PENGGERAK PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32A TERHADAP PERPUTARAN WAKTU/JAM”

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besaryakepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Rusmin nuryadin) dan ibunda (Winaningsih) tercinta, yang dengan cintakasih & saying setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
6. Bapak Faisal Irsan P.S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I Tugas akhir yang selalu sabar membimbing, memberikan arahan serta motivasi kepada penulis.
7. Bapak Partaonan Harahap S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Bapak dan ibu dosen selaku dosen pembimbing 1 dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Karyawan biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
10. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik Heri Pradana, Suhardi Istiawan S.T , Agung Sasongko S.T, Andika Cahya Utama S.T, Joko Sugianto S.T dan yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2015 yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luarbiasa.
11. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini di sebabkan ke terbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr.wb*

Medan, 20 Maret 2020

Penulis

  
ADJE WIDTHYO TOMO

1507220023



## DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                          | ii       |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....         | iii      |
| ABSTRAK .....                                    | iv       |
| <i>ABSTRACT</i> .....                            | v        |
| KATA PENGANTAR .....                             | vi       |
| DAFTAR ISI.....                                  | ix       |
| DAFTAR GAMBAR .....                              | xi       |
| DAFTAR TABEL .....                               | xii      |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                   | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang.....                          | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                         | 3        |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                       | 3        |
| 1.4 Batasan Masalah .....                        | 3        |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                      | 3        |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                  | 4        |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>              | <b>5</b> |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....               | 5        |
| 2.2 Energi Matahari .....                        | 16       |
| 2.3 Distribusi Radiasi Matahari .....            | 17       |
| 2.3.1 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi ..... | 18       |
| 2.4 Potensi Energi Matahari .....                | 20       |
| 2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....        | 22       |
| 2.5.1 Perkembangan PLTS.....                     | 23       |
| 2.5.2 Cara kerja PLTS.....                       | 24       |
| 2.6 Panel Surya.....                             | 26       |
| 2.7 Sistem Kerja PLTS .....                      | 28       |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.8 Photovoltaic .....  | 28        |
| 2.9 Mikrokontroller .....                                     | 30        |
| 2.9.1 Mikrokontroller ATmega32 .....                          | 33        |
| 2.10 Charge controller .....                                  | 37        |
| 2.11 Inverter .....   | 39        |
| 2.12 Baterai .....  | 40        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                       | <b>43</b> |
| 3.1 Lokasi Penelitian.....                                    | 43        |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....                            | 43        |
| 3.2.1 Perancangan Sistem .....                                | 43        |
| 3.2.2 Panel Surya .....                                       | 43        |
| 3.2.3 Solar Charge Controller .....                           | 44        |
| 3.2.4 Baterai .....   | 45        |
| 3.2.5 Mikrokontroller Atmega32 .....                          | 46        |
| 3.2.6 Arsitektur Mikrokontroller ATmega32 .....               | 52        |
| 3.2.7 Posisi Tegak Lurus Dengan Garis Normal .....            | 53        |
| 3.3 Diagram alir penelitian.....                              | 54        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                        | <b>55</b> |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                                    | 55        |
| 4.2 Pengukuran Tegangan Panel Surya Menurut Waktu / Jam ..... | 55        |
| 4.3 Pengukuran Arus Panel Surya .....                         | 58        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                        | <b>64</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 64        |
| 5.2 Saran.....  | 64        |

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR GAMBAR

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Gambar 2.1 | modul monokristalin .....                    | 26 |
| Gambar 2.2 | modul polikristalin .....                    | 27 |
| Gambar 2.3 | Amorphous silicon .....                      | 27 |
| Gambar 2.4 | Konfigurasi pin atmega32 .....               | 35 |
| Gambar 2.5 | solar charger controller .....               | 39 |
| Gambar 2.6 | Inverter .....                               | 40 |
| Gambar 3.1 | Perancangan Alat .....                       | 43 |
| Gambar 3.2 | Panel Surya Polycristaline.....              | 44 |
| Gambar 3.3 | Solar Charge Controller jenis scc.....       | 45 |
| Gambar 3.4 | Baterai berjenis lithium.....                | 46 |
| Gambar 3.5 | Susunan Pin Microcontroller ATMega32 .....   | 49 |
| Gambar 3.6 | Microcontroller ATMega32 .....               | 49 |
| Gambar 3.7 | Blok Diagram Microcontroller ATMega32 .....  | 50 |
| Gambar 3.8 | Posisi Tegak Lurus Dengan Garis Normal ..... | 53 |
| Gambar 3.9 | Diagram Alir Penelitian .....                | 54 |
| Gambar 4.1 | Grafik tegangan.....                         | 57 |
| Gambar 4.2 | Grafik arus.....                             | 59 |
| Gambar 4.3 | Grafik perhitungan beban.....                | 62 |
| Gambar 4.4 | Grafik perhitungan .....                     | 63 |

## DAFTAR TABEL

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Table 2.1 | Potensi Energi Surya .....  | 21 |
| Table 2.2 | Keterangan Konfigurasi pin atmega32 .....   | 36 |
| Tabel 4.1 | Pengukuran percbaan tegangan dan arus menurut sudut .....                               | 55 |
| Table 4.2 | Pengukuran Tegangan rata – rata Panel surya.....  | 57 |
| Table 4.3 | Hasil Pengukuran Arus .....   | 58 |
| Table 4.4 | Perhitungan daya yang dihasilkan panel surya.....                                       | 61 |
| Table 4.5 | perhitungan daya, arus dan tegangan pada posisi tegak lurus<br>dengan garis normal..... | 63 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada zaman sekarang ini aktivitas manusia tidak terlepas dengan energi listrik. Kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi baru dan terbarukan. Dalam upaya pencarian energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif bagi lingkungan. Salah satu energi alternatif yang hampir memenuhi kriteria aman bagi lingkungan adalah energi matahari. Energi matahari merupakan energi yang berjumlah sangat besar dan masih sangat sedikit digunakan.

Matahari tidak selalu berada pada posisi yang sama, sehingga hal ini akan mengurangi efisiensi panel surya jika posisi panel surya tetap. Untuk selalu mendapatkan efisiensi yang maksimum, maka posisi panel surya harus selalu mengikuti pergerakan matahari. Posisi panel surya terhadap matahari sebagai referensi secara otomatis harus dikontrol dengan suatu sistem peralatan penggerak posisi panel surya (Soedjarwanto 2015).

Dalam bidang energi, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari intensitas cahaya matahari yang tinggi di Indonesia ini adalah dengan memaksimalkan alat pengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut dengan panel surya. Besar daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan dimana sebuah panel surya ditempatkan seperti suhu, intensitas cahaya matahari, arah datangnya sinar matahari dan spektrum

cahaya matahari. Kondisi lingkungan yang selalu berubah-ubah setiap waktu menyebabkan daya keluaran panel surya juga ikut berfluktuasi (Suryawinata, Purwanti, and Sunardiyo 2017).

Pelacak surya sebagai suatu gabungan instrument mekanik-elektrik di bidang energi semakin dilirik dan diminati. Meningkatkan efisiensi jumlah photon yang mengenai permukaan panel surya dari pancaran sinar matahari. Teknologi ini terus dikreasikan dengan berbagai kombinasi instrument yang digunakan dan teknik baru untuk mengikuti gerak matahari yang terprogram dalam kontroler. Perkembangan teknologi ini ditujukan untuk mendapatkan hasil konversi photon listrik yang lebih optimal. Mikrokontroler adalah suatu perangkat kendali yang dapat menerima masukan berupa input analog, mengubah menjadi signal digital, kemudian memprosesnya dalam modul mikroprosesor yang telah terprogram dan memberikan keluaran berupa output digital. Dengan mengimplementasikan mikrokontroler ATmega 32A terhadap perputaran/jam, diharapkan daya listrik yang diperoleh dapat lebih optimal. Acuan yang akan digunakan adalah daya listrik yang terkonversi dari sumber cahaya terkontrol dalam laboratorium.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan maka peneliti menarik untuk meneliti mengenai “PERANCANGAN PENGGERAK PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32A TERHADAP PERPUTARAN WAKTU/JAM”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Untuk menghitung efisiensi daya pelacak, pada penelitian yang saya dilakukan dengan 2 buah langkah percobaan yaitu :

1. Bagaimana pengujian panel surya posisi tegak lurus dengan garis normal
2. Bagaimana hasil pengujian sumber cahaya berdasarkan sudut tegak lurus pada bidang normal panel surya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui hal pengujian panel surya pada penggerak dengan garis normal.
2. Untuk mengetahui hasil pengukuran sumber cahaya berdasarkan sudut jatuh tegak lurus pada bidang normal panel surya.

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Menganalisa pengujian panel surya posisi tegak lurus
2. Mengetahui sumber cahaya yang dilacak sehingga cahaya jatuh tegak lurus pada bidang normal.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah

1. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang pembangkit listrik tenaga surya dan mikrokontroler ATmega 32A
2. Sebagai pengganti tenaga listrik pada PLN ketika lampu padam
3. Memanfaatkan energi matahari

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab diantaranya

### **1. BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penelitian

### **2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab 2 ini membahas landasan teori sebagai hasil dari studi literature yang berhubungan dengan studi analisis dan yang akan dilakukan dalam penelitian

### **3. BAB 3 METODEODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang langkah-langkah dari penelitian serta prosedur dari penelitian.

### **4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas penjelasan mengenai data dari hasil penelitian dan analisa terhadap seluruh proses yang berlangsung selama penelitian

### **5. BAB 5 PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan terhadap proses yang berlangsung selama penelitian dan saran yang mendukung penelitian selanjutnya agar dapat memberikan hasil yang lebih baik lagi.

## **DAFTAR PUSTAKA**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Energi listrik di Indonesia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya populasi penduduk. Penduduk setiap hari memerlukan energi listrik untuk menjalankan aktivitasnya. Peningkatan kebutuhan energi listrik ini tidak sebanding dengan persediaan energi listrik yang ada. Persediaan energi listrik di Indonesia sebagian besar masih berasal dari bahan bakar fosil. Upaya untuk mencari sumber energi alternatif yang ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar fosil sudah marak dibicarakan. Terdapat beberapa energi di alam yang tidak terbatas jumlahnya. Energi matahari dapat di konversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya.

Kebutuhan akan energi yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi. Semakin menipisnya persediaan energi dan juga ketergantungan pada salah satu jenis energi dimana hingga saat ini pemakaian bahan bakar minyak sangat besar sekali dan hampir semua sektor kehidupan menggunakan bahan bakar ini, sementara itu bahan bakar minyak merupakan komoditi ekspor yang dominan untuk pendapatan Negara (Wiranatha et al. n.d.). Sumber energi untuk pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar dipasok dari energi fosil, namun sumber energi ini akan habis dalam kurun waktu sekitar 20 tahun ke depan.

Berbagai penelitian kini mengarah kepada pengembangan sumber-sumber energi alternative seperti energi nuklir, energi surya (*solar energy*), energi air, energi angin, energi biomassa, energi panas bumi, dan energi gelombang laut. Selain terbarukan, sumber-sumber energy alternatif tersebut, merupakan sumber-sumber energi ramah lingkungan (*green energy*) karena tidak menimbulkan polusi, kecuali energi nuklir (Priatman 2000). Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu pencarian tersebut diarahkan pada pemanfaatan energi matahari baik secara langsung maupun tidak langsung dengan menggunakan sel surya yang dapat merubah energi matahari menjadi energi listrik yang dinamakan *solar cell*. *Solar cell* merupakan suatu panel yang terdiri dari beberapa sel dan beragam jenis. Penggunaan *solar cell* ini telah banyak di gunakan di negara-negara berkembang dan negara maju dimana pemanfaatannya tidak hanya pada lingkup kecil tetapi sudah banyak digunakan untuk keperluan industri sehingga energi matahari dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Penelitian ini bertujuan memberikan suatu teknik baru pemantauan secara langsung dan real time untuk arus, tegangan, dan kualitas udara. Untuk memenuhi keperluan tersebut, sistem monitoring performa panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus, tegangan dan kualitas udara yang telah dikalibrasi, sistem pengirim data dengan menggunakan internet yang diintegrasikan ke web aplikasi dan database sebagai penyimpan data. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler *Arduino Uno* ini dihubungkan ke komputer

melalui modul *Wi-Fi ESP8266* dengan komunikasi UART dan metode pengiriman UDP (Ruli Siregar et al. 2017).

Telah dilakukan penelitian rancangan sistem mekanis yang dapat menggerakkan posisi panel surya agar selalu mengikuti arah pergerakan matahari yang diberi nama *solar tracking system*. *Solar tracking system* yang dibuat merupakan prototype, *solar tracker* ini berfungsi untuk mengoptimalkan penerimaan energi matahari oleh *solar cell*. Sistem ini bekerja dengan adanya 2 buah sensor peka cahaya (LDR) yang membaca pergerakan matahari ditempatkan di beberapa sudut pada panel surya, lalu output LDR terhubung pada pin analog arduino, arduino akan mengolah data dari sensor LDR sehingga motor akan menggerakkan *solar cell* ke kiri atau ke kanan sesuai perintah. Ada beberapa komponen yang digunakan pada perancangan solar tracking system ini yaitu *accu*, *solar charge controller*, *voltage regulator* dan *sebuah LCD* (Fauzi, Arfianto, and Taryana 2018).

Sebelumnya telah dilakukan perancangan *solar tracking* menggunakan empat buah sensor LDR untuk mengindra arah gerak matahari. *Solar tracker* digunakan untuk menggerakkan sel surya agar mengikuti arah gerak matahari. Rangkaian elektronik terdiri dari rangkaian catudaya, rangkaian mikrokontroler ATmega8535, LCD, rangkaian driver motor stepper, dan rangkaian sensor LDR. Rancangan mekanik menggunakan dua sumbu putar dengan motor *stepper* tipe unipolar sebagai penggerak agar sel surya dapat mengikuti gerak semu harian matahari (dalam arah timur-barat) dan gerak semu tahunan matahari (dalam arah utara-selatan). Sel surya yang digunakan adalah Amorphous 10 V/30 mA. Hasil pengukuran menunjukkan kenaikan tegangan sel surya mencapai 11,53%

dibandingkan yang tidak menggunakan solar tracker sedangkan tegangan maksimumnya naik 1,18 V dibanding yang statis (S. Roni 2015).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan panel surya. Panel surya mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik, semakin besar cahaya yang mengenai permukaan dari panel surya maka energi listrik yang didapat akan semakin besar. Namun pada saat ini kebanyakan dari pemasangan panel surya masih diletakkan hanya menghadap ke satu arah, ini mengakibatkan proses penyerapan energi yang dilakukan oleh panel surya hanya berlangsung saat matahari tepat berada di posisi panel surya diletakkan. Agar pemanfaatan dari panel surya dapat dimaksimalkan, maka dibuatlah sebuah sistem yang mampu untuk mendapatkan energi matahari secara penuh, yaitu dengan membuat panel surya dapat terus menghadap ke arah matahari. Sistem ini menggunakan tujuh buah sensor photodiode yang masing-masing dihadapkan pada posisi derajat matahari, yaitu pada sudut 30°, 50°, 70°, 90°, 110°, 130°, 150°. Kemudian menggunakan motor servo sebagai penggerak utama dalam mendapatkan posisi panel surya sesuai yang diinginkan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka energi listrik yang mampu dihasilkan oleh panel surya dengan menggunakan sistem penggerak otomatis ini adalah 70,45Wh, sedangkan energi yang dihasilkan ketika panel surya dihadapkan hanya ke satu arah adalah 46,35Wh (Wiranatha et al. n.d.).

Telah dilakukan Rancang Bangun dan Optimasi Panel Surya Berpenjejak dengan *Logika Fuzzy FIS* Tsukamoto. Untuk mengoptimalkan penyerapan energi

matahari digunakan panel surya berpenjejak (*sun-tracking solar system*), yang merupakan suatu sistem untuk mengendalikan posisi panel surya agar selalu mengikuti arah dan posisi matahari sehingga sel surya dapat diserap secara maksimal. Pada artikel ini dipaparkan hasil penelitian mengenai implementasi logika *fuzzy* pada panel surya berpenjejak yang menggunakan motor DC untuk mengatur posisi panel surya. *Fuzzy Inference system* dilakukan menggunakan metode Tsukamoto. Algoritma pengendalian diimplementasikan pada mikrokontroler ATmega 128 menggunakan program BASCOM-AVR. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan tegangan keluaran sensor sel surya ( $V_{out}$ ) sebesar sebesar 0,067 Volt dibandingkan tanpa menggunakan *tracking system* (Vol 2016).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan *prototype* penjejak cahaya matahari pada aplikasi pembangkit listrik tenaga surya. Rotasi bumi menyebabkan matahari bergerak dari timur ke barat setiap hari, dan revolusi bumi menyebabkan matahari bergerak dari utara ke selatan setiap tahun. Fenomena ini menyebabkan perbedaan intensitas cahaya matahari di setiap permukaan bumi. Untuk mengoptimalkan cahaya matahari, desain dan realisasi pelacak surya sangat penting. Pelacak surya harus dapat melacak posisi matahari dan memindahkan sel surya untuk menghadapi cahaya matahari. Pelacak surya dapat bergerak dalam dua sumbu dengan tipe *rotate* yang bergerak, sehingga bekerja secara optimal setiap saat. Pelacak surya ini dirancang dengan menggunakan dioda foto sebagai sensor cahaya dan motor servo sebagai aktuator. Sistem ini menggunakan ATmega8535 sebagai unit kontrol yang dapat memproses sinyal dari sensor dan menghasilkan Pulse Width Modulation untuk

mengendalikan pergerakan motor servo. Pengujian menunjukkan pelacak surya ini mampu meningkatkan daya rata-rata menjadi 0,676 watt dan efisiensi menjadi 36,216%. Kesalahan pelacakan adalah 90 pada awan tebal (Hardianto and Rinaldi 2012).

Sebelumnya telah dilakukan perancangan dasar perencanaan pembangkit listrik tenaga surya. Salah satu cara memanfaatkan energi surya adalah dengan mengubahnya menjadi energi listrik menggunakan modul fotovoltaik atau modul surya yang disebut pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Dewasa ini pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit tenaga listrik berkembang pesat, akan tetapi belum ada standard terkait pembangunan PLTS di Indonesia. Pembangunan PLTS dapat mempercepat rasio kelistrikan dan mengurangi konsumsi bahan bakar minyak di daerah terpencil. PLN yang bertanggung jawab dalam meningkatkan rasio kelistrikan memerlukan standard teknis yang dapat digunakan oleh kantor wilayah dalam merencanakan dan membangun PLTS. Pada makalah ini dibahas konfigurasi dasar PLTS, spesifikasi teknis peralatan utama seperti modul surya, inverter dan baterai serta pertimbangan dalam menentukan kapasitas PLTS (Sianipar 2014).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time. Penelitian ini bertujuan memberikan suatu teknik baru pemantauan secara langsung dan real time terhadap parameter keluaran dari sebuah panel surya yaitu tegangan dan arus pada kondisi lingkungan tertentu. Sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan, sistem data yang diintegrasikan ke *spreadsheet* Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori

sebagai penyimpan data cadangan. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dan dihubungkan ke komputer melalui port serial RS232. Kelebihan dari sistem pemantauan ini adalah hasil pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi real time. Informasi mengenai tegangan dan arus dari panel surya yang dikumpulkan pada kondisi real time dapat diperoleh langsung melalui spreadsheet Excel tanpa memerlukan program ulang terhadap Arduino (Fachri, Sara, and Away 2015).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan model panel surya cerdas dengan sensor pelacak cahaya matahari otomatis berbasis mikrokontroler. Penelitian ini bertujuan membuat suatu model panel surya cerdas yang mampu mengikuti pergerakan arah datangnya sinar matahari sebagai sumber tenaga berbasis mikrokontroler AVR ATMEGA. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler AVR ATMEGA 16bit dengan injeksi program *fuzzy logic*. Sistem yang dibuat menggunakan pula 4 (empat) sensor LDR dan 5 (lima) sensor fotodiode. Integrasi antara fuzzy logic, AVR ATMEGA dan sensor-sensor mampu memberikan hasil yang optimal menjadi suatu model panel surya dinamis yang otomatis dan dapat diterapkan dalam skala besar. Hasil dari penelitian ini adalah suatu prototipe panel surya yang mampu mengikuti pergerakan arah datangnya sinar matahari berbasis mikrokontroler AVR ATMEGA 16. Model panel surya ini mampu menempatkan permukaan panel surya tegak lurus dengan arah datang sinar matahari sepanjang intensitasnya mampu dideteksi sensor (Dewanto Harjunowibowo 2010).

Telah dilakukan Penelusuran Daya Maksimum Pada Panel *Photovoltaic* Menggunakan Kontrol *Logika Fuzzy* Di Kota Surabaya. Cahaya matahari yang

termasuk sumber energi primer tersedia sepanjang tahun di semua tempat di permukaan bumi. Tingkat penyinaran yang berbeda-beda menyebabkan daya keluaran dari *photovoltaic* bervariasi. Karakteristik V-I sel surya adalah nonlinier, berubah terhadap intensitas dan temperatur permukaan *photovoltaic*. Secara umum, terdapat titik yang unik pada kurva V-I atau kurva P-V, yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP). Titik MPP tersebut tidak diketahui namun dapat dicari dengan algoritma penjejak atau algoritma MPPT. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan penelusuran daya maksimum menggunakan kontrol logika fuzzy. Sistem penelusuran daya maksimum yang menggunakan modul BPSX-60 dapat menghasilkan daya 59,4W pada keadaan *standard condition* (intensitas 1000W/m<sup>2</sup> dan temperatur 25°C) (Kurnia M, Ali, and Katherin 2013).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian Pembuatan Penggerak Panel Surya untuk Mengikuti Gerak Matahari dengan Menggunakan *Logika Fuzzy*. Teknologi ini terus dikreasikan dengan berbagai kombinasi instrumen yang digunakan dan teknik baru untuk mengikuti gerak matahari yang terprogram dalam kontroler. Perkembangan teknologi ini ditujukan untuk mendapatkan hasil konversi photon-listrik yang lebih optimal. Pada penelitian ini, digunakan 5 instrumen dasar, yaitu: panel surya, LDR (*Light Dependent Resistor*), mikrokontroler Arduino, VSD (*Variable Speed Driver*) dan motor AC. Kelima instrumen dasar tersebut dirangkai dan diprogram sehingga melahirkan suatu perangkat pelacak surya yang dapat bekerja di lapangan. Pengontrol pada percobaan ini mengimplementasikan logika fuzzy. Logika fuzzy merupakan logika yang dapat mengatasi keadaan ambiguitas. Dengan mengimplementasikan



logika tersebut, diharapkan daya listrik yang diperoleh dapat lebih optimal (Resi 2013).

Telah dilakukan penelitian Sistem *Monitoring* pada Panel Surya Menggunakan *Data logger* Berbasis ATmega 328 dan *Real Time Clock* DS1307. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem *monitoring* pada panel surya menggunakan *data logger* berbasis ATmega 328 dan *real time clock* DS1307. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development* atau *R&D*). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem *monitoring* panel surya ini dapat mencatat arus, tegangan, suhu serta kelembaban secara *real time* yang dihasilkan dari hasil kinerja panel surya dan kemudian merekamnya dalam bentuk TXT file setiap 15 menit sekali ke dalam *Micro SD* (Suryawinata et al. 2017).

Telah dilakukan penelitian Rancang Bangun Sistem Tracking Panel Surya Berbasis *Mikrokontroler Arduino*. Rancang bangun sistem tracking panel surya berbasis mikrokontroler arduino merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengikuti arah pergerakan matahari setiap jamnya, mulai dari terbit hingga terbenam. Sistem tracking panel surya ini akan mendeteksi setting waktu yang diinput oleh RTC (*Real Time Clock*). Pembuatan sistem ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pertama adalah perancangan perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari perancangan perangkat elektronika dan perancangan perangkat mekanik. Kedua adalah perancangan perangkat lunak (*software*). Pemrograman sistem tracking menggunakan *software arduino*. Panel surya digerakkan dengan menggunakan motor *servo* yang bergerak sesuai input waktu yang diberikan oleh

RTC. Pergerakan panel surya diatur setiap jam dengan sudut yang telah diuji, sehingga posisi panel surya selalu tegak lurus dengan arah datangnya cahaya matahari. Hasil dari rancang bangun sistem tracking panel surya berbasis mikrokontroler arduino menunjukkan bahwa alat yang dirancang sudah dapat mengikuti pergerakan matahari berdasarkan waktu (Benny et al. 2015).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian optimalisasi panel sel surya dengan menggunakan sistem pelacak berbasis mikrokontroler at89c51. Dalam penelitian ini dibuat sistem pelacakan panel sel surya. Pekerjaan dari sistem ini untuk mengontrol arah panel sel surya yang selalu menghadap tegak lurus dengan radiasi matahari. Sistem dibuat menggunakan AT89C51 Chip mikrokontroler (keluarga MCS-51 Intel). Mode pengatur waktu 1 pada AT89C51 mikrokontroler mengatur putaran stepper motor dari panel yang sesuai dengan gerakan arah matahari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panel surya dengan sistem pelacakan menghasilkan output yang lebih tinggi daripada panel sel surya statis. Meningkatkan output pada pengukuran I adalah 15,0% dan pengukuran II adalah 15,4% (Караштин, Шлюгаев, and Гуревич 2005).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian Sistem Pelacak Otomatis Energi Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. Salah satu metode untuk meningkatkan efisiensi panel surya dalam menyerap daya listrik adalah menjaga posisi panel surya tetap berhadapan dengan posisi matahari untuk mendapatkan intensitas cahaya yang maksimum. Oleh sebab itu, sistem pelacak energi surya otomatis sangat dibutuhkan untuk menangkap energi surya yang paling maksimum. Makalah ini mengusulkan suatu sistem pelacak energi surya otomatis berbasis mikrokontroler. Dengan menggunakan motor *stepper*, sensor fotoreistor

(LDR), dan mikrokontroler ATmega8535, posisi panel surya dapat selalu berada pada posisi yang menghasilkan energi listrik yang terbesar secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pelacak energi surya otomatis ini mampu menyimpan energi listrik rata-rata sebesar 67,18 watt-jam atau 99,97% dari energi yang dihasilkan panel surya selama pengujian. Daya listrik yang diperoleh oleh sistem ini lebih besar dibandingkan daya listrik yang diperoleh bila posisi panel surya yang tetap pada 60° (Soedjarwanto 2015).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian rancang bangun prototipe sistem pelacak matahari menggunakan arduino. pada penelitian ini menggunakan sebuah sistem minimum *Arduino* yang menggunakan mikrokontroler ATmega 328 sebagai pusat kendali dan menggunakan dua buah rangkaian sensor LDR dengan outputnya berupa pergerakan motor servo. Penelitian ini menghasilkan suatu alat yang dapat membantu panel surya selalu menghadap ke arah cahaya matahari (Boando and Winardi 2007).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian perancangan PLTS dengan sistem *real time* berbasis mikrokontroler atmega32. Pada penelitian ini dirancang PLTS menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler ATmega32. Pada PLTS ini menggunakan beberapa komponen, seperti: Panel surya 100 WP, *actuator*, *solar charge controller*, mikrokontroler Atmega32. Mikrokontroler ATmega32 sebagai pengendali untuk menghidupkan motor yang ada di dalam *actuator* sesuai pengontrolan pada program codevision-AVR yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tegangan yang dihasilkan panel surya mencapai tegangan maksimum sebesar 42 Volt, sedangkan tegangan terendah yang di hasilkan sebesar 24 Volt. Arus maksimum yang di capai pada pengujian

sebesar 1.9 A, sedangkan arus minimumnya 0.2 A. Daya maksimum yang di peroleh yaitu sebesar 56 Watt, sedangkan daya minimum yang di peroleh sebesar 7 Watt (Rr.Ayunda Mahardini 2010)

## **2.2 Energi Matahari**

Radiasi matahari dapat digunakan untuk menghasilkan energi termal untuk air, bisa juga digunakan sebagai sumber pemanas pada siklus pemanas mesin sebagai tenaga gerak. Kegunaan yang lain dari energi matahari adalah menghasilkan listrik dari melalui penggunaan sel *photovoltaic*. Kata *photovoltaic* berasal dari bahasa Yunani photos yang berarti cahaya dan volta yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Secara sederhana dapat diartikan sebagai listrik dari cahaya. Photovoltaic merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika berkebangsaan Prancis Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Baru pada tahun 1876, William Grylls Adams bersama muridnya, Richard Evans Day menemukan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar. Pada tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt permeter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10 persen, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Saat ini modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5 hingga 15 persen tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya

sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi peranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh peranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari.

### 2.3 Distribusi Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi bergantung pada jarak antara matahari dengan bumi. Tiap tahun, jarak ini bervariasi antara  $1,47 \times 10^8$  km dan  $1,52 \times 10^8$  km dan hasilnya besar pancaran  $E_0$  naik turun antara 1325 W/m<sup>2</sup> sampai 1412 W/m<sup>2</sup>. Nilai rata-ratanya disebut sebagai konstanta matahari dengan nilai  $E_0 = 1367$  W/m<sup>2</sup>. Pancaran ini tidak dapat mencapai ke permukaan bumi. Atmosfer bumi mengurangi *insolation* yang melewati pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen, dan karbon dioksida), serta penyebaran (disebabkan oleh molekul udara, partikel debu atau polusi). Di cuaca yang bagus pada siang hari, pancaran bisa mencapai 1000 W/m<sup>2</sup> di permukaan bumi. *Insolation* terbesar terjadi pada sebagian hari-hari yang berawan dan cerah. Sebagai hasil dari pancaran matahari yang memantul melewati awan, maka *insolation* dapat mencapai hingga 1400 W/m<sup>2</sup> untuk jangka pendek (WIDODO 2017).

Jarak eksentrisnya dari lintasan bumi adalah jarak antara matahari dan bumi dengan variasi 1,7%. Dari hasil pengukuran astronomi didapat jarak rata-rata bumi-matahari adalah  $1,495 \times 10^{11}$  m dengan sudut kecenderungan matahari 320. Radiasi yang diemisikan oleh matahari dan ruang angkasa yang berhubungan dengannya ke bumi menghasilkan intensitas radiasi matahari yang hampir konstan di luar atmosfer bumi. Konstanta matahari adalah energi dari matahari per unit

waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari-bumi di luar atmosfer. *World Radiation Center (WRC)* mengambil nilai konstanta matahari sebesar 1367 W/m<sup>2</sup> dengan ketidakpastian sebesar 1%. Radiasi matahari mencapai permukaan bumi secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung (*direct beam radiation*) energi surya mencapai permukaan bumi. Secara tidak langsung dipantulkan oleh *aerosol*, molekul-molekul atmosfer dan awan (*diffuse radiation*). Jumlah penyinaran kedua komponen radiasi yang jatuh pada permukaan horizontal dikenal sebagai radiasi global (*global radiation*). Pada dasarnya, baik untuk daerah tropis dan subtropics, radiasi surya diluar atmosfer bumi (*extraterrestrial radiation*) harian tidak terlalu beragam selama setahun. Namun demikian, dikarenakan fenomena cuaca musiman (kemarau, hujan, badai pasir, dll) dapat terjadi perubahan musim yang ekstrim dalam radiasi global. Khususnya pada daerah utara dan selatan daerah tropis. Perubahan irradiansi pada daerah-daerah ini umumnya merupakan fungsi dari panjangnya hari dan sudut datangnya radiasi surya (Rr.Ayunda Mahardini 2010).

### **2.3.1 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi**

Ada tiga macam cara radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, yaitu:

1. Radiasi langsung (*Beam/Direct Radiation*)

Adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.

2. Radiasi hambur (*Diffuse Radiation*)

Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

### 3. Radiasi total (*Global Radiation*)

Adalah penjumlahan radiasi langsung (*direct radiation*) dan radiasi hambur (*diffuse radiation*).

Cahaya matahari pada permukaan bumi terdiri dari bagian yang langsung dan bagian yang baur. Radiasi langsung datang dari arah matahari dan memberikan bayangan yang kuat pada benda. Sebaliknya radiasi baur yang tersebar dari atas awan tidak memiliki arah yang jelas tergantung pada keadaan awan dan hari tersebut (ketinggian matahari), baik daya pancar maupun perbandingan antara radiasi langsung dan baur.

Energi matahari yang ditransmisikan mempunyai panjang gelombang dengan *range* 0,25 mikrometer sampai 3 mikrometer (untuk di luar atmosfer bumi atau *extraterrestrial*), sedangkan untuk di atmosfer bumi berkisar antara 0,32 mikrometer sampai 2,53 mikrometer. Hanya 7% energi tersebut terdiri dari ultraviolet (AM 0), 47% adalah cahaya tampak (cahaya tampak memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer sampai 0,75 mikrometer), 46% merupakan cahaya inframerah.

Beberapa hal dapat mempengaruhi pengurangan intensitas *irradiance* pada atmosfer bumi. Pengaruh tersebut dapat berupa:

1. Pengurangan intensitas karena refleksi (pemantulan) oleh atmosfer bumi.
2. Pengurangan intensitas oleh karena penyerapan zat-zat di dalam atmosfer (terutama oleh O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub>)
3. Pengurangan intensitas oleh karena *Rayleigh scattering*
4. Pengurangan intensitas oleh karena *Mie scattering*

Sedangkan radiasi yang jatuh pada permukaan material pada umumnya akan mengalami refleksi, absorpsi, dan transmisi. Dari tiga proses ini maka material akan memiliki *refleksivitas* ( $\rho$ ), *adsorbsivitas* ( $\alpha$ ), dan *transmisivitas* ( $\tau$ ).

Refleksi adalah pemantulan dari sebagian radiasi tergantung pada harga indeks bias dan sudut datang radiasi. Refleksi spektakuler terjadi pantulan sinar pada sebuah cermin datar dimana sudut datang sama dengan sudut pantul.

Transmisi memberikan nilai besar radiasi yang dapat diteruskan oleh suatu lapisan permukaan. Kemampuan penyerapan (absorbsivitas) dari suatu permukaan merupakan hal yang penting dalam pemanfaatan radiasi seperti pada pemanfaatan radiasi surya. Harga absorpsivitas berlainan untuk sudut datang radiasi yang berlainan. Menurut *British Building Research* untuk sudut datang dibawah 75%, harga absorpsivitas terletak antara 0,8 sampai 0,9 dari absorpsivitas yang dimiliki.

Absorpsivitas memberikan nilai besarnya radiasi yang dapat diserap. Bagian *absorber* pada sebuah pengumpul radiasi surya. Ketiga proses tersebut diatas yaitu, absorpsi, refleksi, dan transmisi adalah hal yang penting dalam proses pemanfaatan radiasi surya, menyangkut efektifitas pemanfaatan pada sebuah pengumpul radiasi surya.

#### **2.4 Potensi Energy Surya**

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km<sup>2</sup> rata-rata sebesar 5,10 mW atau 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil,



Diantaranya :

1. Sumber energy yang mudah didapatkan
2. Ramah lingkungan
3. Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis
4. Instalasi, pengoperasian, dan perawatan mudah
5. Listrik dari energy surya dapat disimpan dalam baterai, dipakai langsung atau disambungkan ke grid.

Tabel 2. 1 potensi energi surya

| Kelas          | Iradiasi surya perhari<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) | Kapasitas<br>pembangkit (Kw) |
|----------------|---|------------------------------|
| Skala kecil    | 3,0-4,0   | 1-25                         |
| Skala menengah | 4,0-6,0   | 25-1000                      |
| Skala besar    | >6,0  | >1000                        |

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya.

Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 sampai 5 jam per hari.

Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = I \cdot A \dots\dots\dots (1)$$

Dimana,

E = Energi surya yang dihasilkan (W)

I = Iradiasi/Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam (W/m<sup>2</sup>)

A = Luas area (m<sup>2</sup>)

## 2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah peralatan pembangkit listrik yang mengubah daya matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut *Solar Cell*, atau Solar Photovoltaik, atau Solar Energi. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik. DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Selama masih terdapat cahaya, maka PLTS dapat menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada dasarnya adalah peracutan daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan Hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain, seperti PLTS-Genset, PLTS-Angin). Teknologi ini sudah ditemukan sejak tahun 1941 dan diaplikasikan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan militer Amerika Serikat, kemampuannya luar biasa dengan daya tahan yang cukup lama hingga 25 tahun dibawah cuaca panas, hujan, maupun beku. PLTS sering juga disebut *Solar Cell*, atau Solar Photovoltaic, yang pada dasarnya PLTS adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang

kecil sampai dengan besar baik secara mandiri, maupun dengan *hybrid* baik dengan metoda Desentralisasi maupun dengan metoda Sentralisasi.

### 2.5.1 Perkembangan PLTS

Sel surya atau sel photovoltaic adalah sebuah alat yang mengubah cahaya menjadi arus listrik dengan menggunakan efek fotolistrik. Sel surya pertama diciptakan oleh Charles Fritts pada tahun 1880. Pada tahun 1931 seorang insinyur Jerman, Dr Bruno Lange, mengembangkan sel *Photovoltaik* menggunakan selenida perak di tempat oksida tembaga. Meskipun sel prototipe selenium mengkonversi kurang dari 1% dari cahaya menjadi listrik, Ernst Werner Von Siemens dan James Clerk Maxwell mengakui penemuan ini sangatlah penting. Setelah karya *Russell Ohl* pada 1940-an, peneliti Gerald Pearson, Calvin Fuller dan Daryl Chapin menciptakan sel surya silikon pada tahun 1954. Ditinjau dari konsep struktur kristal bahannya, terdapat tiga tipe utama sel surya, yaitu sel surya berbahan dasar *monokristalin*, poli (multi) kristalin, dan *amorf*. Ketiga tipe ini telah dikembangkan dengan berbagai macam variasi bahan, misalnya silikon, CIGS, dan CdTe. Berdasarkan kronologis perkembangannya, sel surya dibedakan menjadi sel surya generasi pertama, kedua, dan ketiga. Generasi pertama dicirikan dengan pemanfaatan *Wafer Silikon* sebagai struktur dasar sel surya. Generasi kedua memanfaatkan teknologi deposisi bahan untuk menghasilkan lapisan tipis (*Thin Film*) yang dapat berperilaku sebagai sel surya. Generasi ketiga dicirikan oleh pemanfaatan teknologi *Bandgap Engineering* untuk menghasilkan sel surya berefisiensi tinggi dengan konsep *Tandem* atau *Multiple Stacks*.

### 2.5.2 Cara Kerja PLTS

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising, selain itu gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*green house gas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita. Sistem sel surya yang dapat digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (*charge controller*), dan aki (baterai) 12 volt yang *maintenance free*. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10.8 volt berarti sisa tegangan pada aki 2.2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutus pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung

selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik bila tegangan aki itu mencapai 12 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu. Rangkaian kontroler pengisian aki, sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dipasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit sendiri. Kebanyakan sistem sel surya itu hanya dijual dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi lurus menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari, agar dapat terserap secara maksimum sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya.

Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material *adhensive* transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan kemudian material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gayagaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semikonduktor, menyebabkan aliran medan maknetlistrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.

## 2.6 Panel Surya

Panel Surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik, yaitu disebut surya atas matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel Surya sering kali disebut *fotovoltaic*, *fotovoltaic* dapat diartikan sebagai “cahaya-listrik”. Sel Surya atau sel PV bergantung pada efek fotovoltaiik untuk menyerap energi matahari dari penyebab arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan Jumlah penggunaan panel surya di porsi pemroduksian listrik dunia sangat kecil, tertahan oleh biaya tinggi per wattnya dibandingkan dengan bahan bakar fosil-dapat lebih tinggi sepuluh kali lipat, tergantung keadaan.

Jenis panel sel surya :

1. Monokristalin (SI)

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Efisiensi dari *Monocrystalline* sekitar 16-17%. Bahkan dapat mencapai 24 % pada hasil penelitian di laboratorium. Kelemahan dari sel surya jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat teduh atau cahaya matahari yang kurang. Efisiensinya akan turun drastis dalam kondisi cuaca berawan.



**Gambar2 1 modul monokristalin**

## 2. Poli (multi) kristalin

Dikarenakan biaya pembuatan sel surya *Monokristalin* masih mahal oleh karena itu digunakanlah *Polikristalin* yang biaya pembuatannya lebih murah. Namun sel jenis ini kurang efektif dibandingkan jenis *Monokristalin*. Efisiensinya berkisar antara 10-14%. Jenis sel ini memerlukan luas permukaan yang lebih luas untuk menghasilkan daya listrik yang sama jika dibandingkan dengan jenis *Monokristal*, namun masih dapat menghasilkan energi listrik pada cuaca mendung atau berawan.



**Gambar2 2 modul polikristalin**

## 3. Amorphous silicon

Sel jenis ini mempunyai efisiensi maksimum tidak lebih dari 10%. Biaya produksi jauh lebih murah dari jenis sel silikon yang lain. Efisiensi akan berkurang seiring dengan berjalannya waktu. Banyak dipakai pada jam tangan dan kalkukator.



**Gambar2 3 Amorphous silicon**

## 2.7 Sistem Kerja PLTS

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan *electron* dari struktur atomnya. *Elektron* yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “*hole*” dengan muatan Positif (+). Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negative dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (*Acceptor*) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type). Dipersimpangan daerah positif dan negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di persimpangan positif dan negative (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

## 2.8 Photovoltaic

Modul sel surya *photovoltaic* merubah energi surya menjadi arus listrik DC. Komponen utama sistem surya *photovoltaic* adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya *photovoltaic*. Panel surya pada perancangan *solar tracker* menggunakan panel Shinyoku 20WP (*wattpeak*) berbahan *polycrystalline*



(Fauzi et al. 2018). Photovoltaic berasal dari bahasa Yunani, foto yang artinya cahaya dan voltaik yang artinya listrik. Dinamakan oleh fisikawan Italia yang bernama volta setelah satuan pengukuran volt yang ditetapkan. Istilah ini digunakan di negara Inggris sejak tahun 1849. Photovoltaic terdiri dari lapisan semikonduktor tipe-p yaitu bahan semikonduktor yang didalamnya terdapat hole sebagai pembawa muatan mayoritasnya dan lapisan semikonduktor tipe-n memiliki elektron sebagai pembawa muatan mayoritasnya. Keduanya didapat dari hasil semikonduktor yang sama dengan bahan doping yang berbeda. Kedua lapisan ini merupakan lapisan pembentuk fotovoltaik. Dalam Photovoltaic terdapat medan listrik. Medan listrik ini terdapat didaerah depletion layer. Tegangan yang dihasilkan oleh fotovoltaik sangat bergantung terhadap besarnya medan listrik dan dengan fungsi muatan total yang ada di dalam fotovoltaik sangat tergantung terhadap jarak antara batas bertemunya kedua lapisan dengan batas terjauh dari pleton layer. Foton pada cahaya yang diserap fotovoltaik menyebabkan electronelectron tereksitasi. Hasilnya terdapat fotogenerasi dari pembawa , muatan yang berada didalam lapisan semikonduktor tipe-p dan tipe-n fotovoltaik. Arus yang dihasilkan adalah arus direct current (DC), yang dihasilkan oleh fotovoltaik adalah.

$$i = e \left( \exp \frac{e.v}{kT} - 1 \right) \left( \exp \frac{no D et}{L_e^2} + \frac{P o D h}{L_h} \right) - e.g \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

g = electron dan hole / satuan luas

v = tegangan p dan n

k = konstanta boltzam

T = temperature fotovoltaik

$L$  = panjang difusi electron dan lubang

$D$  = konstanta difusi electron dan lubang

Dengan  $g$  adalah banyaknya pasangan elektron dan holes per satuan luas dan  $V$  adalah nilai tegangan pada sambungan antara lapisan p dan n,  $e$  adalah muatan elementer pada fotovoltaiik.  $K$  adalah konstanta Boltzman.  $T$  adalah temperatur lapisan fotovoltaiik,  $L$  adalah panjangnya difusi dari elektron dan lubang,  $D$  adalah konstanta difusi elektron dan lubang,  $n$  dan  $p$  merupakan nilai konsentrasi permukaan sebagai pembawa muatan minoritas.

Tegangan yang dihasilkan oleh fotovoltaiik bergantung pada medan listrik pada daerah pleton layer, medan listrik ini terjadi akibat interaksi muatan-muatan yang berada didalamnya. Sehingga definisi dari tegangan yang dihasilkannya adalah.

$$V = \left( \frac{e}{2 \Sigma \sigma \Sigma r} \right) (NDdn^2 + NAdp^2) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$V$  = Tegangan

$e$  = besar muatan

$ND$  dan  $NA$  = atom donor dan atom akseptor

$dp$  dan  $dn$  = lapisan tipe-n dan tipe-p

## 2.9 Mikrokontroller

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Sederhananya, cara kerja mikrokontroler sebenarnya hanya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan

efisiensi dan efektifitas biaya (Adityawarman, Zebua, and Hakim 2014). Mikrokontroler sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Penggunaan mikrokontroler lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan mikroprosesor. Hal ini dikarenakan dengan mikrokontroler tidak perlu lagi penambahan memori dan I/O *eksternal* selama memori dan I/O *internal* masih bisa mencukupi. Selain itu proses produksinya secara massal, sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor. Pada sebuah *chip* mikrokontroler umumnya memiliki *fitur-fitur* sebagai berikut:

1. *Central processing unit* mulai dari *processor* 4-bit yang sederhana hingga *processor* kinerja tinggi 64-bit
2. *Input/output* antar muka jaringan seperti *serial port* (UART)
3. Antarmuka komunikasi serial lain seperti IC, *serial peripheral interface and controller area network* untuk sambungan sistem.
4. *Periferal* seperti *timer* dan *watchdog*.
5. RAM untuk menyimpan data.
6. ROM, EPROM, EEPROM atau *flash memory* untuk menyimpan program dikomputer
7. Pembangkit *clock* biasanya berupa resonator rangkaian RC.
8. Pengubah analog ke digital.

Secara teknis, hanya ada 2 macam mikrokontroler. Pembagian ini didasarkan pada kompleksitas instruksi-instruksi yang dapat diterapkan pada mikrokontroler tersebut. Pembagian itu yaitu RISC dan CISC.

1. RISC merupakan kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer*. Instruksi yang dimiliki terbatas, tetapi memiliki fasilitas yang lebih banyak.
  2. Sebaliknya, CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer*. Instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya.
- Masing-masing mempunyai keturunan atau keluarga sendiri-sendiri. jenis-

jenis mikrokonktroler yang telah umum digunakan:

1. Keluarga MCS51

Mikrokonktroler ini termasuk dalam keluarga mikrokonktroler CISC. Sebagian besar instruksinya dieksekusi dalam 12 siklus *clock*. Mikrokonktroler ini berdasarkan arsitektur Harvard dan meskipun awalnya dirancang untuk aplikasi mikrokonktroler *chip* tunggal, sebuah mode perluasan telah mengizinkan sebuah ROM luar 64KB dan RAM luar 64KB diberikan alamat dengan cara jalur pemilihan *chip* yang terpisah untuk akses program dan memori data. Salah satu kemampuan dari mikrokonktroler 8051 adalah pemasukan sebuah mesin pemroses *boolean* yang mengizinkan operasi logika *boolean* tingkatan-bit dapat dilakukan secara langsung dan secara efisien dalam register *internal* dan RAM. Karena itulah MCS51 digunakan dalam rancangan awal PLC (*programmable Logic Control*).

2. PIC (*Programmable Interface Controller*)

Pada awalnya, PIC merupakan kependekan dari *Programmable Interface Controller*. Tetapi pada perkembangannya berubah menjadi *Programmable Intelligent Computer*. PIC termasuk keluarga

mikrokonktroler berarsitektur *Harvard* yang dibuat oleh *Microchip Technology*. Awalnya dikembangkan oleh Divisi Mikroelektronik *General Instruments* dengan nama PIC1640. Sekarang *Microhip* telah mengumumkan pembuatan PIC-nya yang keenam. PIC cukup populer digunakan oleh para *developer* dan para penghobi ngoprek karena biayanya yang rendah, ketersediaan dan penggunaan yang luas, *database* aplikasi yang besar, serta pemrograman (dan pemrograman ulang) melalui hubungan *serial* pada komputer.

### 3. AVR (*Alv and Vegard's Risc processor*)

Mikrokonktroler *Alv and Vegard's Risc processor* atau sering disingkat AVR merupakan mikrokonktroler RISC 8 bit. Karena RISC inilah sebagian besar kode instruksinya dikemas dalam satu siklus *clock*. AVR adalah jenis mikrokonktroler yang paling sering dipakai dalam bidang elektronika dan instrumentasi. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan dalam 4 kelas. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral* dan fungsinya. Keempat kelas tersebut adalah keluarga *ATTiny*, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx.

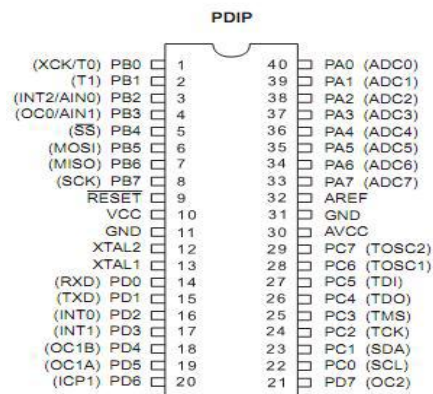
#### 2.9.1 Mikrokontroller ATmega32

*Microcontroller* dan *microprocessor* mempunyai beberapa perbedaan. Jika ditelaah dari artinya maka, *microprocessor* adalah pengolah mikro sedangkan *microcontroller* adalah pengendali mikro. Dari pengertian diatas sebenarnya sudah bisa diketahui perbedaannya dimana *microprocessor* yang terdapat pada komputer seperti Intel Pentium, hanya dapat bekerja apabila terdapat komponen pendukung seperti RAM (*Random Access Memory*), *hard disk*, *motherboard*,

perangkat I/O, dan sebagainya. Komponen-komponen tersebut diperlukan karena *microprocessor* hanya dapat melakukan pengolahan data, namun tidak dapat menyimpan data, menyimpan program, menerima masukan dari *user* secara langsung, ataupun menyampaikan data hasil pemrosesan ke keluaran. Berbeda dengan *microprocessor*, *microcontroller* sudah dilengkapi dengan komponen-komponen yang dikemas dalam satu *chip* seperti memori, perangkat I/O, *timer*, ADC (*Analog to Digital Converter*), dan lain-lain. Hal ini membuat *microcontroller* lebih tepat untuk digunakan pada aplikasi *embedded system*. *Microcontroller AVR (Alf and Vegard's Risc processor)* standar memiliki arsitektur 8bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit, dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT86RFxx, keluarga ATmega, dan keluarga ATmega32. Pada dasarnya, yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, anda dapat mencoba ATmega8 atau ATtiny2313 dengan ukuran Flash Memory 2KB dengan dua input analog. Berikut adalah fitur yang terdapat pada *microcontroller ATmega32* yaitu:

1. Saluran I/O ada 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
2. ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 *channel*
3. Tiga buah *Timer/Counter*.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*.
5. Memiliki 131 instruksi yang membutuhkan 1 siklus *clock*
6. *Watchdog timer* dengan osilator *internal*
7. Dua buah *timer/counter* 8 bit, satu buah *timer/counter* 16 bit.

8. Tegangan operasi 2.7 V – 5.5 V pada ATmega 16L.
9. Internal SRAM sebesar 1 KB.
10. Memori *flash* sebesar 32KB dengan kemampuan *Read While Write*.
11. Unit interupsi *internal* dan *external*.
12. Port antarmuka SPI
13. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi
14. Antarmuka komparator analog.
15. 4 *channel* PWM.
16. 32x8 *general purpose register*.
17. Hampir mencapai 16 MIPS pada Kristal 16 MHz.
18. Port USART yang dapat diprogram untuk komunikasi serial



**Gambar2 4 konfigurasi pin atmega 32**

Tabel 2. 2 keterangan konfigurasi pin atmega32

| Nomor pin | Nama pin                      | Keterangan  |
|-----------|-------------------------------|---|
| 10        | VCC                           | Catu daya 5 volt  |
| 11 dan 31 | GND                           | Ground  |
| 33-40     | PORT A : P0-P7<br>(ADC0-ADC7) | Port I/O dua arah yang dilengkapi dengan internal pull up resistor. Selain itu port ini juga berfungsi sebagai inputan ADC  |
| 1-7       | PORT B : PB0-PB7              | Port I/O dua arah yang dilengkapi dengan internal<br><i>pull-up resistor</i><br>PB0 : ( <i>Timer/Counter0</i> eksternal counter input)<br>PB1 : ( <i>Timer/Counter1</i> eksternal counter input)<br>PB2 : AIN0 ( <i>Analog Comparator Positive Input</i> )<br>PB3 : AIN1 ( <i>Analog Comparator Positive Input</i> )<br>PB4 : SS ( <i>Select Input</i> )<br>PB5 : MOSI ( <i>data input</i> )<br>PB6 : MISO ( <i>data output</i> )<br>PB7 : SCK ( <i>serial clock</i> )  |
| 22-29     | PORT C : PC0-PC7              | Port I/O dua arah yang dilengkapi dengan internal<br><i>pull-up resistor</i><br>Dua pin pada PC6 dan PC7 berfungsi sebagai osilator eksternal untuk <i>timer/counter2</i>   |
| 14-21     | PORT D : PD0 – PD7            | Port I/O dua arah yang dilengkapi dengan internal<br><i>pull-up resistor</i><br>PD0 : RXD ( <i>UART input</i> )<br>PD1 : TXD ( <i>UART output</i> )<br>PD2 : INT0 ( <i>input eksternal interrupt 0</i> )<br>PD3 : INT1 ( <i>input eksternal interrupt 1</i> )<br>PD4 : OC1B ( <i>timer/counter1 output compare B match output</i> )<br>PD5 : OC1A ( <i>timer/counter1 output compare A match output</i> )<br>PD6 : ICP ( <i>timer/counter1 input capture pin</i> )<br>PD7 : OC2 ( <i>timer/counter2 output compare match output</i> ) |
| 9         | RESET                         | Pin ini aktif <i>low</i> , dan digunakan apabila terjadi kegagalan program saat alat berjalan.  |



| Nomor pin | Nama pin | Keterangan  |
|-----------|----------|---|
| 13        | XTAL1    | Masukan ke <i>inverting oscillator amplifier</i> dan masukan ke rangkaian <i>internal clock</i> |
| 12        | XTAL2    | Keluaran dari <i>inverting oscillator amplifier</i>   |
| 30        | AVCC     | Catu daya untuk PORTA dan ADC   |
| 32        | AREF     | Referensi masukan analog untuk ADC  |

### 2.10 Charge controller

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/*solar cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / *solar cell* 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya *di-charge* pada tegangan 14 - 14.7 Volt.

Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak '*full discharge*', dan *overloading*.
3. Monitoring temperatur baterai

Untuk membeli *solar charge controller* yang harus diperhatikan adalah:

1. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
2. Kemampuan (arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Ampere, 10 A
3. *Full charge* dan *low voltage cut*.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

*Solar Charge Controller* biasanya terdiri dari : 1 input yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output yang terhubung dengan baterai dan 1 output yang terhubung dengan beban ( load ). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya. *Charge Controller* bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui *charge controller* 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik perbulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari. *Charge controller* berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (*over discharge*) atau kelebihan pengisian muatan (*over charge*) yang dapat mengurangi umur baterai. *Charge controller* mampu menjaga tegangan dan arus keluar masuk baterai sesuai kondisi baterai.

*Charge controller* sering disebut dengan *solar charge controller* atau *battery charge controller*. Jika *charge controller* menghubungkan panel surya ke baterai atau peralatan lainnya seperti *inverter* maka disebut *solar charge controller*. Jika bagian ini terhubung dari *inverter* ke baterai umumnya disebut *battery charge controller*, namun hal tersebut tidak baku. Walaupun kedua alat ini berfungsi sama, berbeda dengan SCC, BCC tidak dilengkapi oleh PWM-MPPT (*Pulse Width Modulation-Maximum Power Point Tracking*), yaitu kemampuan untuk mendapatkan daya listrik dari panel surya pada titik maksimumnya(Sianipar 2014)



**Gambar2 5 solar charge controller**

## 2.11 Inverter

*Inverter* adalah “jantung” dalam sistem suatu PLTS. *Inverter* berfungsi mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak balik (AC). Tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Tegangan masukan DC yang tidak konstan ini akan diubah oleh *inverter* menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada, misalnya jaringan PLN. Parameter tegangan dan arus pada keluaran *inverter* pada umumnya sudah disesuaikan dengan standar baku nasional/internasional.

Saat ini, seluruh *inverter* menggunakan komponen elektronika dibagian dalamnya. Teknologi terkini suatu *inverter* telah menggunakan IGBT (*Insulated-*

*Gate Bipolar Transistor*) sebagai komponen utamanya menggantikan komponen lama BJT, MOSFET, J-FET , SCR dan lainnya. Karakteristik IGBT adalah kombinasi keunggulan antara MOSFET dan BJT.

Jenis *inverter* untuk PLTS disesuaikan apakah PLTS *On Grid* atau *Off Grid* atau Hibrid. *Inverter* untuk sistem *On Grid* (*On Grid Inverter*) harus memiliki kemampuan melepaskan hubungan (*islanding system*) saat *grid* kehilangan tegangan. *Inverter* untuk sistem PLTS hibrid harus mampu mengubah arus dari kedua arah yaitu dari DC ke AC dan sebaliknya dari AC ke DC. Oleh karena itu *inverter* ini lebih populer disebut *bi-directional inverter*.

Kelengkapan suatu *inverter* belum memiliki standard, sehingga produk yang satu dengan lain tidak sepenuhnya kompatibel. Ada *inverter* yang telah dilengkapi fungsi SCC dan atau BCC dan fungsi lainnya secara terintegrasi. Alat ini lazim disebut juga PCS (*Power Conditioner System*) atau *Power Conditioner Unit* (PCU). Dibutuhkannya SCC atau BCC tergantung dari kelengkapan *inverter* tersebut. Jika *inverter* telah dilengkapi dengan *charge controller* (SCC dan BCC) dibagian internalnya, maka *charge controller* eksternal sangat mungkin tidak diperlukan lagi (Sianipar 2014).



Gambar2 6 inverter

## 2.12 Baterai

Menurut Syam Hardi akumulator ini berasal dari bahasa asing yaitu: *accumulator* = *baterij* (Belanda), *accumulator* = *storage battery* (Inggris),

akkumulator = *bleibatterie* (Jerman). Pada umumnya semua bahasa-bahasa itu mempunyai satu arti yang dituju, yaitu *accumulate* atau *accumulieren*. Ini semua berarti menimbun, mengumpulkan atau menyimpan. Menurut Daryanto akumulator adalah baterai yang merupakan suatu sumber aliran yang paling populer yang dapat digunakan diman-mana untuk keperluan yang beranekaragam (Rr. Ayunda Mahardini 2010).

Baterai yang biasa digunakan untuk sistem fotovoltaiik yaitu baterai *lead acid SLI*, *lead acid low antimony* dan *nickel cadmium*. Faktor harga dan sulitnya jenis baterai *lead acid low antimony* dan *nickel cadmium* dipasaran, maka dipilih jenis baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) 12V/6Ah (Fauzi et al. 2018).

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpanan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe *Off Grid*.

Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah *lead acid*, alkalin, Ni-Fe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (harga). Baterai *lead acid* dinilai lebih unggul dari jenis lain jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai *lead acid* untuk sistem PLTS berbeda dengan baterai *lead acid* untuk operasi *starting* mesin-mesin seperti baterai mobil. Pada PLTS, baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (*storage*) juga berbeda dari baterai untuk *buffer* atau stabilitas.

Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan *deep cycle lead acid*, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (*discharge*) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan *inverter*. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya.

Kapasitas baterai yang diperlukan tergantung pada pola operasi PLTS. Besar kapasitas baterai juga harus mempertimbangkan seberapa banyak isi baterai akan dikeluarkan dalam sekali pengeluaran. Kapasitas baterai dinyatakan dalam Ah atau Ampere *hours*. Jika suatu PLTS menggunakan baterai dengan kapasitas 2000 Ah dengan tegangan sekitar 2 V. Maka baterai tersebut memiliki kemampuan menyimpan muatan sekitar  $2000 \text{ Ah} \times 2 \text{ V}$  atau 4 kWh(Sianipar 2014).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Adapun lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muktar Basri no. 3 Medan Sumatera Utara.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Perancangan Sistem**

Menghubungkan output dari panel surya ke solar charger controller, cara pemasangannya yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan negatif ke terminal input yang terdapat pada solar charger controller ke terminal baterai dengan menghubungkan kutub positif ke negatif.



**Gambar 3.1 perancangan alat**

##### **3.2.2 Panel Surya**

Panel surya berfungsi sebagai alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Dengan panel surya ini maka bisa lebih efektif dalam menghemat pengeluaran untuk membayar tarif listrik. Hal ini dikarenakan panel

surya menangkap energi dari matahari langsung yang tidak perlu membayarnya terlebih dahulu untuk bisa memperoleh sumber energi dari cahaya matahari tersebut.



**Gambar 3.2 Panel Surya polycrystalline**

### **3.2.3 Solar Charge Controller**

*Solar charge controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya 12 volt umumnya memiliki tegangan output 16-21 volt. Untuk perancangan ini dibutuhkan *solar charge controller* dengan tipe PWM dengan rating 6 ampere. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan *over-charging* ke baterai. Beban pada sistem *solar tracker* mengambil energi dari *charge controller* (Fauzi et al. 2018).





**Gambar 3.3 Solar Charge Controller jenis scc**

### **3.2.4 Baterai**

Baterai yang biasa digunakan untuk sistem fotovoltaik yaitu baterai *lead acid* SLI, *lead acid low antimony* dan *nickel cadmium*. Tetapi karena faktor harga dan sulitnya jenis baterai *lead acid low antimony* dan *nickel cadmium* dipasaran, maka dipilih jenis baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) 12V/6Ah (Fauzi et al. 2018). Baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke sistem stater, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya.



**Gambar 3.4 Baterai berjenis lithium**

### **3.2.5 Mikrokontroler Atmega32**

Fitur

1. Kinerja tinggi, rendah daya Atmel ® AVR ® 8-bit Microcontroller.
2. Advanced RISC Arsitektur
  - 131 Instruksi Powerfull - Kebanyakan Single-jam Siklus Eksekusi
  - 32 × 8 Register General Purpose Working
  - Operasi Penuh Static
  - Sampai dengan 16 MIPS throughput pada 16MHz
  - On-chip 2-siklus Multiplier
3. Tinggi Ketahanan *Non-volatile* memori segmen
  - 32Kbytes dari *In-System Self-programmable Flash* program memori
  - 1024Bytes EEPROM
  - 2Kbytes internal SRAM
  - Menulis / Menghapus Siklus: 10.000 Flash/100, 000 EEPROM
  - Data retensi: 20 tahun pada 85 ° C/100 tahun pada 25 ° C (1)

- Boot Kode Bagian Opsional dengan Bits Lock Independen In-System Programming secara *On-chip* Program *Boot* Benar Baca-Tulis-Sementara Operasi
  - Programming Lock untuk Keamanan Software
4. JTAG (IEEE std 1149,1 Compliant.) Interface
- Batas-scan Kemampuan Menurut Standar JTAG
  - Ekstensif *On-chip* Debug Dukungan
  - Pemrograman Flash, EEPROM, Sekering, dan Lock Bits melalui Antarmuka JTAG
5. Peripheral Fitur
- Dua 8-bit Timer / Counter dengan Prescalers terpisah dan Bandingkan Mode
  - Satu 16-bit Timer / Counter dengan Prescaler terpisah, Bandingkan Mode, dan Capture Mode
  - Counter Real Time dengan Osilator terpisah
  - Empat PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC 8 Single-ended Saluran 7 Differential Saluran dalam Paket TQFP Hanya 2 Differential Saluran dengan Gain Programmable pada 1x, 10x, atau 200x
  - *Byte-oriented* Antarmuka Dua-kawat Serial
  - Serial USART Programmable
  - Master / Slave SPI Serial Interface
  - *Timer Programmable Watchdog* dengan terpisah On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator

## 6. Fitur Mikrokontroler Khusus

- *Power-on Reset* dan *Programmable Brown-out Detection*
- *RC Oscillator* internal Dikalibrasi
- Interrupt Sumber Eksternal dan Internal
- Enam Sleep Mode: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby dan siaga diperpanjang

## 7. I / O dan Paket

- 32 Programmable I / O Garis
- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, dan 44-pad QFN / MLF

## 8. Operasi Tegangan

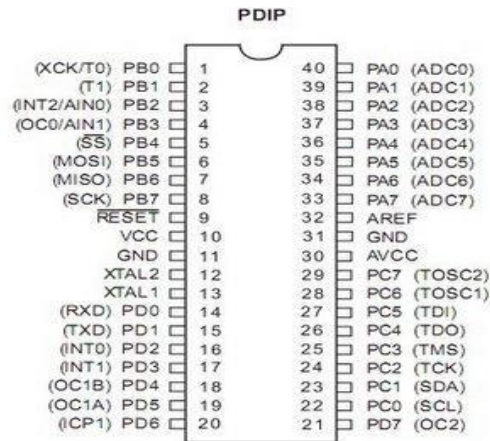
- 2.7V - 5.5V untuk ATmega32L
- 4.5V - 5.5V untuk ATmega32

## 9. Kecepatan Kelas

- 0 - 8MHz untuk ATmega32L
- 0 - 16MHz untuk ATmega32

## 10. Konsumsi Daya di 1MHz, 3V, 25 ° C

- Aktif: 1.1mA
- Diam Mode: 0.35mA
- Power-down Mode:  $<1\mu\text{A}$

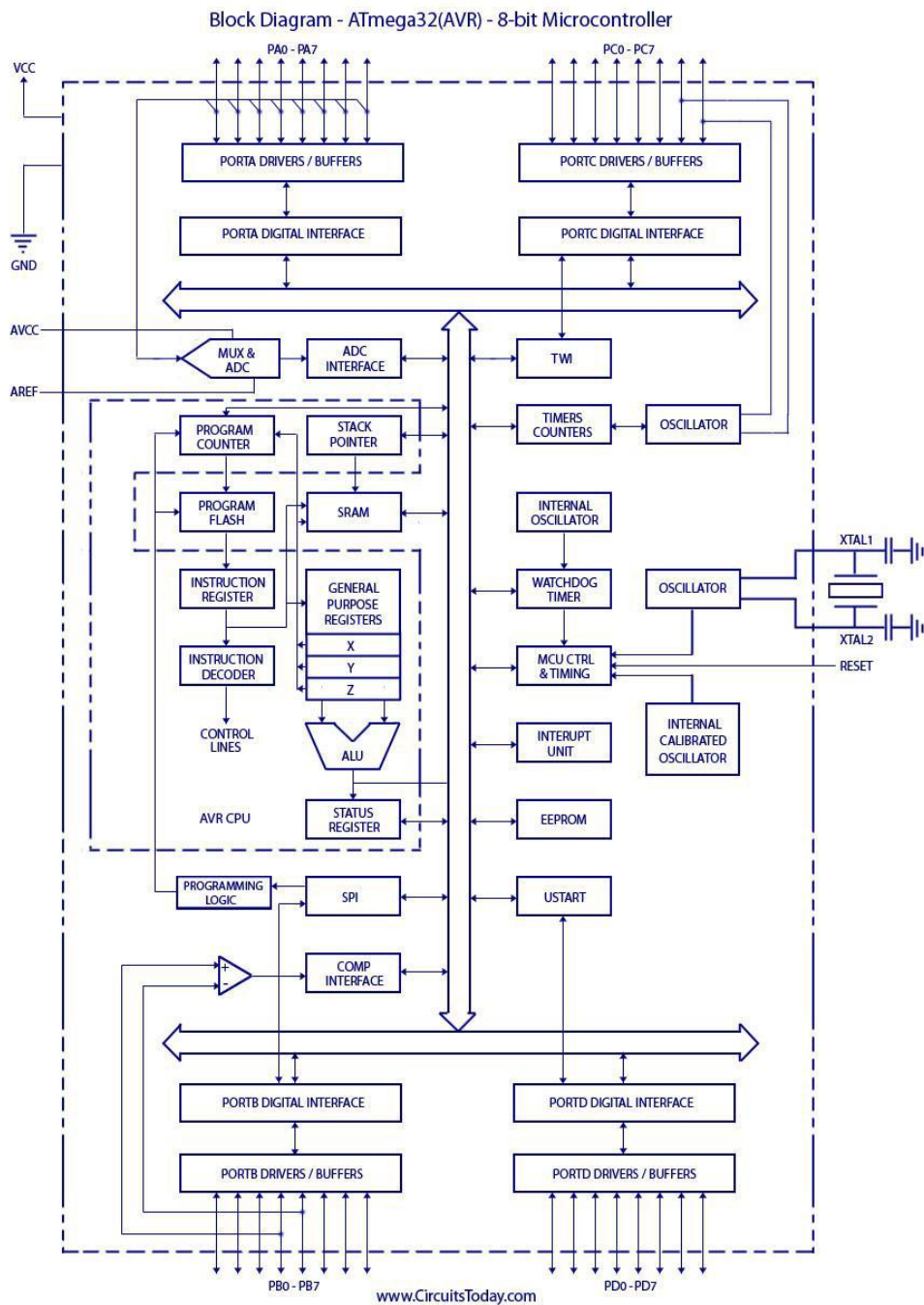


**Gambar 3.5 Susunan Pin Microcontroller ATmega32**

The Atmel AVR ® ATmega32 adalah rendah daya CMOS 8-bit mikrokontroler AVR berdasarkan ditingkatkan arsitektur RISC. Dengan mengeksekusi instruksi yang kuat dalam satu siklus clock tunggal, ATmega32 mencapai throughputs mendekati 1 MIPS per MHz memungkinkan perancang sistem untuk mengoptimalkan konsumsi daya dibandingkan kecepatan pemrosesan.



**Gambar 3.6 Microcontroller ATmega32**



**Gambar 3. 7 Blok Diagram Microcontroller ATmega 32**

The Atmel AVR ® AVR core menggabungkan instruksi yang kaya set dengan 32 register kerja tujuan umum. Semua register 32 secara langsung terhubung ke *Logic Unit Arithmetic*, yang memungkinkan dua independen register dapat diakses dalam satu instruksi tunggal dieksekusi dalam satu siklus clock.

Arsitektur yang dihasilkan adalah kode lebih efisien sementara mencapai throughputs hingga sepuluh kali lebih cepat daripada mikrokontroler CISC konvensional. ATmega32 ini menyediakan fitur berikut: 32Kbytes dari *In-System Programmable flash* Program memori dengan Baca-Tulis-Sementara kemampuan, 1024bytes EEPROM, SRAM 2Kbyte, 32 tujuan umum I / O baris, 32 register tujuan umum bekerja, antarmuka JTAG untuk *Boundaryscan*, *On-chip Debugging* dukungan dan pemrograman, tiga Timer fleksibel / *Counter* dengan membandingkan mode, Interrupts Internal dan Eksternal, sebuah USART diprogram serial, yang berorientasi *byte* Dua-kawat Serial Interface, sebuah 8-channel, 10-bit ADC dengan tahap masukan diferensial dengan opsional diprogram gain (TQFP paket saja), Timer Watchdog diprogram dengan Osilator internal, sebuah port serial SPI, dan enam software mode penghematan daya dipilih. Modus idle berhenti CPU sementara mengizinkan USART, Dua-kawat antarmuka, A / D Converter, SRAM, Timer / Counter, SPI port, dan sistem interupsi tetap berfungsi. The mode Power-down menghemat register tapi membeku Osilator, menonaktifkan semua fungsi chip lainnya sampai Interrupt Eksternal berikutnya atau Perangkat Keras ulang. Dalam Power-save mode, Timer Asynchronous terus berjalan, yang memungkinkan pengguna untuk mempertahankan basis waktu sementara sisa perangkat tidur ADC. Modus pengurangan menghentikan CPU dan semua modul I / O kecuali Timer Asynchronous dan ADC, untuk meminimalkan beralih kebisingan selama konversi ADC. Dalam modus siaga, kristal / resonator Osilator berjalan sedangkan sisanya dari perangkat tidur. Hal ini memungkinkan sangat cepat start-

up dikombinasikan dengan konsumsi daya rendah. Dalam modus siaga diperpanjang, baik Oscillator utama dan *Timer Asynchronous* terus berjalan.

### 3.2.6 Arsitektur *Microcontroller* ATmega 32

Dalam rangka untuk memaksimalkan kinerja dan paralelisme, AVR menggunakan arsitektur Harvard – dengan terpisah kenangan dan bus untuk program dan data. Instruksi dalam memori program yang dieksekusi dengan pipelining tingkat satu. Sementara satu instruksi sedang dieksekusi, instruksi berikutnya adalah pra-diambil dari memori program. Konsep ini memungkinkan instruksi yang harus dieksekusi dalam setiap *clock cycle*. Memori program *In-System Flash* memori *reprogrammable*. *File Register* cepat-akses mengandung  $32 \times 8$ -bit register tujuan umum bekerja dengan satu *clock cycle* waktu akses. Hal ini memungkinkan tunggal siklus *Arithmetic Logic Unit* (ALU) operasi. Dalam khas ALU operasi, dua operan adalah output dari file Register, operasi dijalankan, dan hasilnya disimpan kembali di file Daftar - dalam satu siklus *clock*. Enam dari 32 register dapat digunakan sebagai tiga 16-bit *pointer* mendaftarkan alamat tidak langsung untuk Data Ruang menangani - memungkinkan perhitungan alamat yang efisien. Salah satu pointer ini alamat juga dapat digunakan sebagai pointer alamat untuk mencari tabel dalam memori Program *Flash*. Ini register fungsi ditambahkan adalah 16-bit X-, Y-, dan *Z-register*, dijelaskan dalam bagian ini. ALU mendukung operasi aritmatika dan logika antara register atau antara konstan dan register. Operasi register tunggal juga dapat dijalankan dalam ALU. Setelah operasi aritmatika, Register Status diperbarui untuk mencerminkan informasi tentang hasil dari operasi. Aliran program disediakan oleh lompatan bersyarat dan bersyarat dan instruksi panggilan, mampu langsung menangani ruang alamat

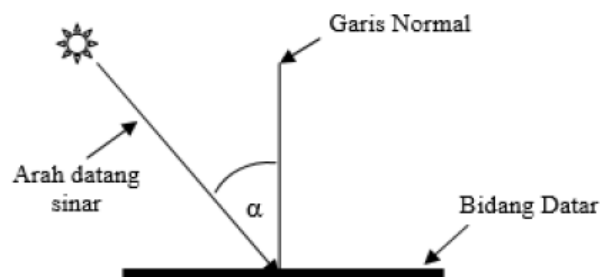


keseluruhan. Kebanyakan petunjuk AVR memiliki format 16-bit kata pun. Setiap alamat memori program berisi 16 - atau 32-bit instruksi.

### 3.2.7 Posisi Tegak Lurus Dengan Garis Normal

Garis normal adalah garis yang tegak lurus dengan permukaan benda. Garis normal merupakan garis khayal yang berfungsi memudahkan penggambaran sinar datang dan sinar pantul. Sinar datang adalah sinar yang menuju permukaan benda. Sedangkan sinar pantul adalah sinar yang dipantulkan (berasal dari benda). Setiap sinar datang akan membentuk sudut tertentu terhadap garis normal. Demikian juga dengan sinar pantul. Sudut yang dibentuk oleh berkas cahaya datang (sinar datang) dengan garis normal dinamakan sudut datang ( $\theta_i$ ). Sedangkan sudut yang dibentuk oleh berkas cahaya pantul (sinar pantul) dengan garis normal disebut sudut pantul ( $\theta_r$ )

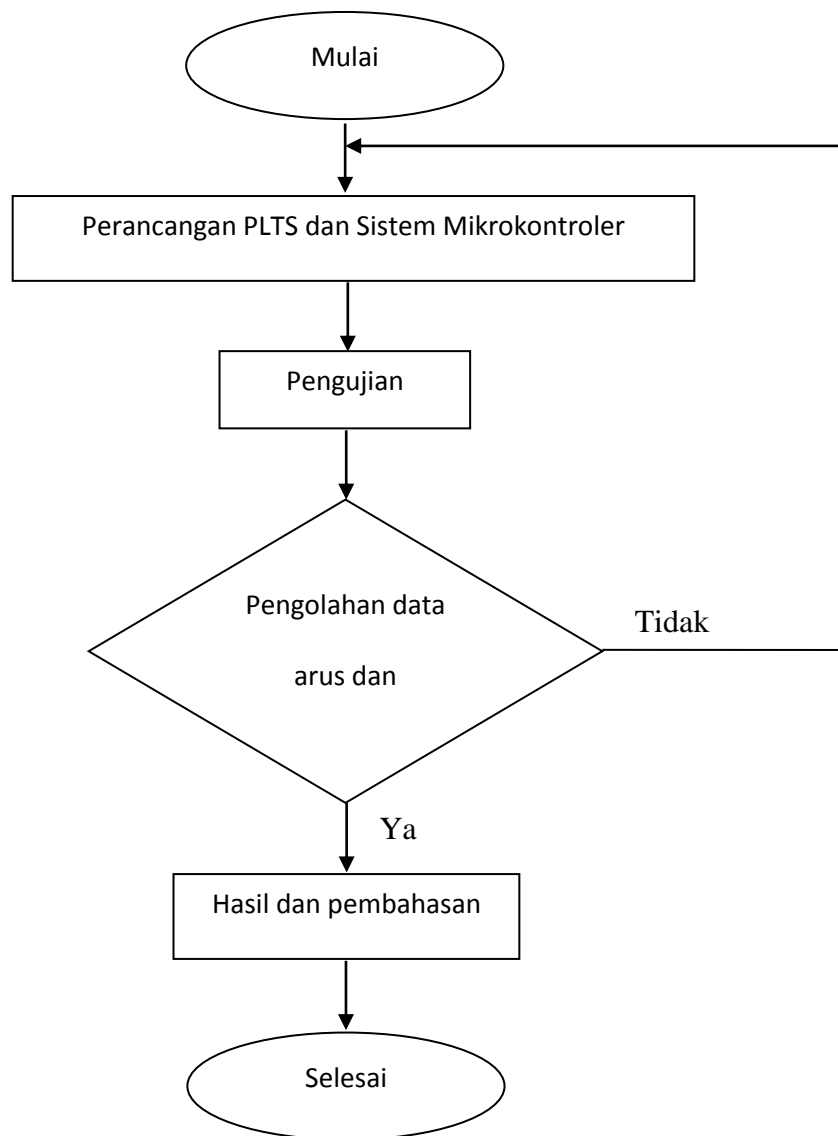
Ketika permukaan sel surya menghadap tegak lurus ke arah matahari, intensitas cahaya yang jatuh ke permukaan sel surya mencapai maksimum. Sesuai hukum kosinus Lambert yang mengatakan bahwa: "intensitas cahaya yang jatuh pada sebuah bidang datar adalah berbanding lurus terhadap kosinus dari sudut yang dibentuk oleh arah sumber cahaya dengan garis normal dari bidang datar tersebut. 1



**Gambar 3.8 Posisi Tegak Lurus Dengan Garis Normal**

### 3.3 Diagram Alir

Prosedur Penyusunan Tugas Akhir



**Gambar 3.8 Diagram alir penelitian**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini di lakukan pengujian pada kordinat 3.614512, 98.674730 PLTS dengan variasi sudut pada posisi panel surya dan variasi waktu pada jam 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18.00. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini di peroleh data tegangan, arus.

#### 4.2 Pengukuran Tegangan Panel Surya Menurut waktu/jam

Pada penelitian dilakukan pengujian dengan melakukan pengukuran tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pengujian dilakukan sebanyak 6 (enam) kali pada variasi sudut posisi panel surya yang berbeda-beda dengan waktu yang berbeda-beda.

**Table 4.1 Pengukuran percobaan tegangan dan arus menurut sudut pergerakan panel**

| Pengukuran percobaan tegangan<br>Hari pertama |                            |                  |               |                 |
|---|----------------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Jam   | Sudut pergerakan panel (%) | Temperature (°c) | Arus (Ampere) | Tegangan (Volt) |
| 08.00   | 45°                        | 26°c             | 0.3           | 12.7            |
| 10.00   | 67°                        | 30°c             | 0.4           | 13.8            |
| 12.00   | 90°                        | 32°c             | 0.4           | 13.9            |
| 14.00   | 112°                       | 34°c             | 0.4           | 14              |
| 16.00   | 135°                       | 34°c             | 0.3           | 14              |
| 18.00   | 45°                        | 25°c             | 0.3           | 12.3            |

| Pengukuran percobaan tegangan<br>Hari kedua |                                  |                  |                  |                    |
|---|----------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Jam   | Sudut<br>pergerakan<br>panel (%) | Temperature (°c) | Arus<br>(Ampere) | Tegangan<br>(Volt) |
| 08.00                                       | 45°                              | 25°c             | 0.3              | 12.5               |
| 10.00                                       | 67°                              | 27°c             | 0.3              | 13.2               |
| 12.00                                       | 90°                              | 29°c             | 0.4              | 13.7               |
| 14.00                                       | 112°                             | 37°c             | 0.4              | 14.6               |
| 16.00                                       | 135°                             | 35°c             | 0.3              | 14.3               |
| 18.00                                       | 45°                              | 24°c             | 0.3              | 12                 |

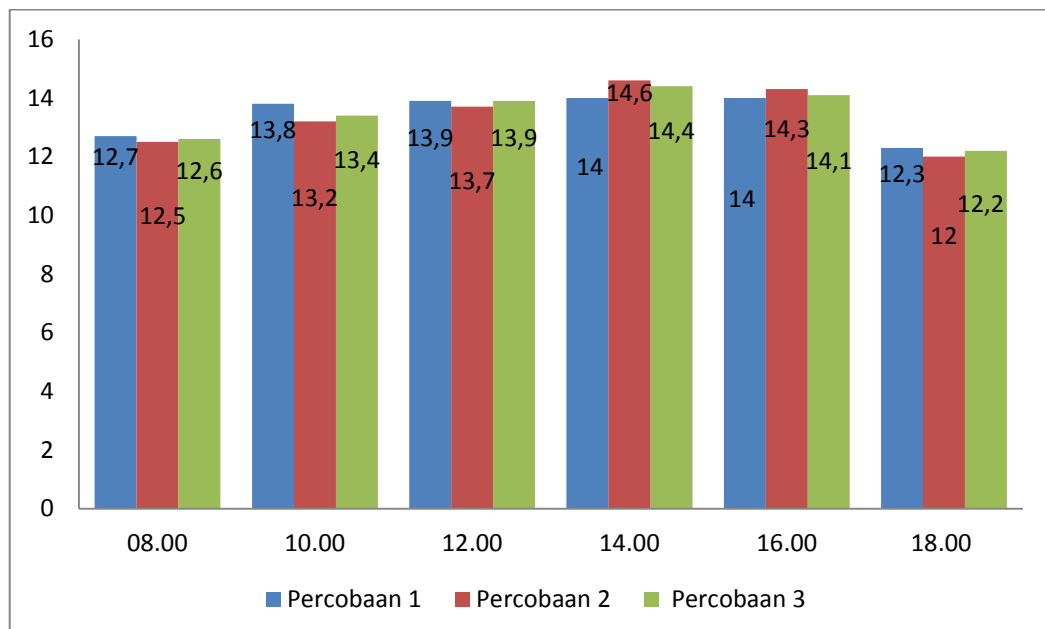
| Pengukuran percobaan tegangan<br>Hari ketiga |                                  |                  |                  |                    |
|--|----------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Jam  | Sudut<br>pergerakan<br>panel (%) | Temperature (°c) | Arus<br>(Ampere) | Tegangan<br>(volt) |
| 08.00  | 45°                              | 26°c             | 0.3              | 12.8               |
| 10.00  | 67°                              | 28°c             | 0.4              | 13.4               |
| 12.00  | 90°                              | 30°c             | 0.4              | 13.9               |
| 14.00  | 112°                             | 36°c             | 0,4              | 14.4               |
| 16.00  | 135°                             | 33°c             | 0.4              | 14.1               |
| 18.00  | 45°                              | 25°c             | 0.3              | 12.2               |

**Tabel 4.2 Pengukuran Tegangan rata – rata Panel Surya**

| Waktu Pengujian WIB | Pengukuran Tegangan Percobaan |        |         | Tegangan Rata Rata (V) |
|---------------------|-------------------------------|--------|---------|------------------------|
|                     | I (V)                         | II (V) | III (V) |                        |
| 08.00               | 12.7                          | 12.5   | 12.8    | 12.6                   |
| 10.00               | 13.8                          | 13.2   | 13.4    | 13.4                   |
| 12.00               | 13.9                          | 13.7   | 13.9    | 13.8                   |
| 14.00               | 14                            | 14.6   | 14.4    | 14.3                   |
| 16.00               | 14                            | 14.3   | 14.1    | 14.1                   |
| 18.00               | 12.3                          | 12     | 12.2    | 12.1                   |

Dapat dilihat perubahan tegangan pada setiap waktu pengujian tegangan tertinggi dicapai sampai pada tegangan 14.3 volt pada jam 14.00 WIB, sedangkan tegangan terendah pada jam 18.00 WIB dengan nilai rata tegangan dari lima kali pengujian yaitu 12.1 Volt.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4.2 di peroleh grafik hubungan antara tegangan dan waktu seperti pada gambar 4.1

**Gambar 4.1 Grafik tegangan**

#### 4.4 Pengukuran Arus Panel Surya

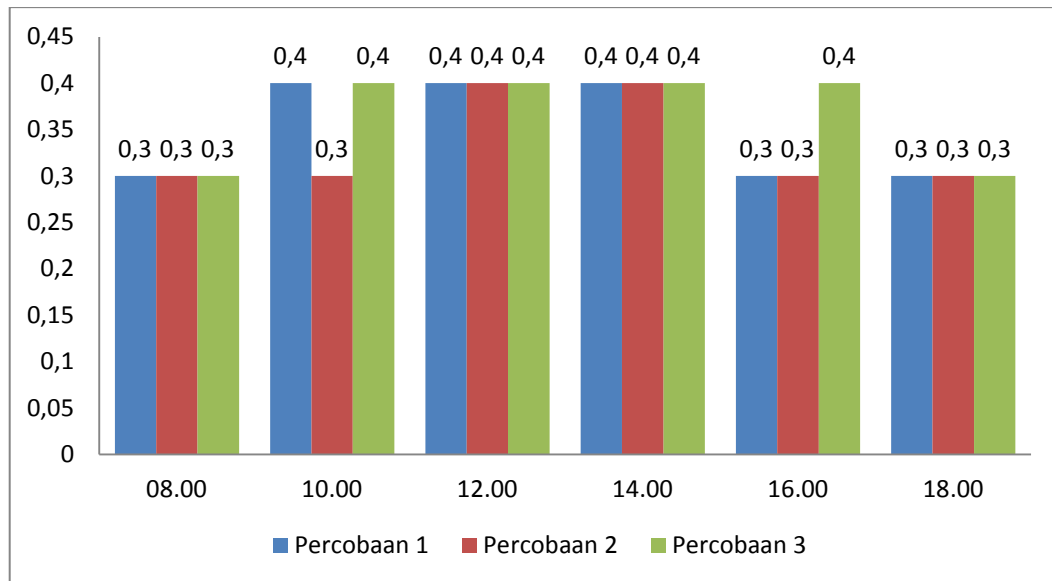
Pada penelitian dilakukan pengujian dengan melakukan pengukuran arus pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pengujian dilakukan sebanyak enam kali pada variasi sudut posisi panel surya yang berbeda-beda dengan waktu yang berbeda-beda.

**Table 4.3 Hasil pengukuran arus**

| Waktu Pengujian WIB | Pengukuran Arus Percobaan |        |         | Tegangan Rata Rata (A) |
|---------------------|---------------------------|--------|---------|------------------------|
|                     | I (A)                     | II (A) | III (A) |                        |
| 08.00               | 0.3                       | 0.3    | 0.3     | 0.9                    |
| 10.00               | 0.4                       | 0.3    | 0.4     | 1.1                    |
| 12.00               | 0.4                       | 0.4    | 0.4     | 1.2                    |
| 14.00               | 0.4                       | 0.4    | 0;4     | 1.2                    |
| 16.00               | 0.3                       | 0.3    | 0.4     | 1.0                    |
| 18.00               | 0.3                       | 0.3    | 0.3     | 0.9                    |

Dapat dilihat perubahan tegangan pada setiap waktu pengujian arus tertinggi dicapai sampai pada arus 1.2 A pada jam 12.00 dan 14.00 wib, sedangkan arus terendah pada jam 08.00 dan 18.00 wib dengan nilai rata arus dari tiga kali pengujian yaitu 0.9 amper.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4.3 diperoleh grafik hubungan antara tegangan dan waktu seperti pada gambar 4.2



**Gambar 4.2 Grafik Arus**

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan pengukuran arus pada penelitian maka didapatkan daya masukan pada panel surya dengan persamaan.

$$P_{in} = V.I \dots\dots\dots (4.1)$$

Ket :

Pin = Daya Masuk (W)

V = Tegangan Panel Surya (V)

I = Arus Panel Surya (I)

Maka didapatkan daya masukan panel surya seperti pada table 4.4

A. Pengujian I hari pertama pukul 14.00 wib

Diketahui :

$$V = 14$$

$$I = 0,4$$

Ditanya : Pin .... ?

Jawab :

$$P_{in} = V \cdot I$$

$$P_{in} = 14 \cdot 0,4$$

$$P_{in} = 5,6 \text{ W}$$

B. Pengujian II hari kedua pukul 14.00 wib

Diketahui :

$$V = 14,6$$

$$I = 0,4$$

Ditanya :  $P_{in}$  .... ?

Jawab :

$$P_{in} = V \cdot I$$

$$P_{in} = 14,6 \cdot 0,4$$

$$P_{in} = 5,84 \text{ W}$$

C. Pengujian III hari ketiga pukul 14.00 wib

Diketahui :

$$V = 14,4$$

$$I = 0,4$$

Ditanya :  $P_{in}$  .... ?

Jawab :

$$P_{in} = V \cdot I$$

$$P_{in} = 14,4 \cdot 0,4$$

$$P_{in} = 5,76 \text{ W}$$

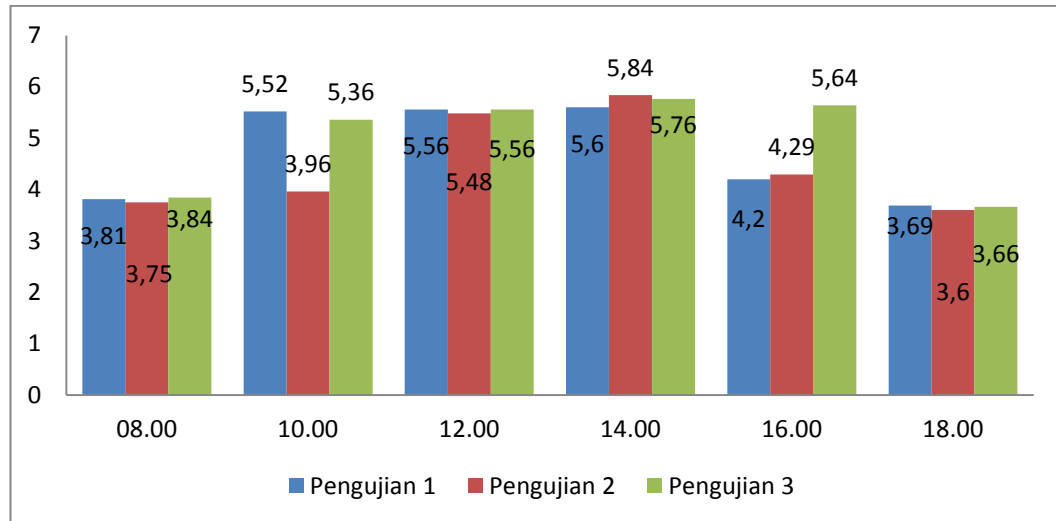


**Tabel: 4.4 Perhitungan daya yang dihasilkan panel surya**

| Waktu Pengujian Wib | Pengukuran Daya Percobaan (W) |        |         | Tegangan Rata Rata (W) |
|---------------------|-------------------------------|--------|---------|------------------------|
|                     | I (W)                         | II (W) | III (W) |                        |
| 08.00               | 3.81                          | 3.75   | 3.84    | 11.4                   |
| 10.00               | 5.52                          | 3.96   | 5.36    | 14.84                  |
| 12.00               | 5.56                          | 5.48   | 5.56    | 16.6                   |
| 14.00               | 5.6                           | 5.84   | 5.76    | 17.2                   |
| 16.00               | 4.2                           | 4.29   | 5.64    | 14.13                  |
| 18.00               | 3.69                          | 3.6    | 3.66    | 10.95                  |

Pada tabel 4.3 menunjukkan perbedaan daya yang dihasilkan oleh panel surya sesuai dengan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Dari data yang di peroleh yang ditunjukkan pada tabel 4.3 nilai tertinggi rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya yaitu pada jam 14.00 WIB dengan nilai rata-rata 17.2 Watt, sedangkan nilai rata-rata day a terendah yang di peroleh pada jam 18.00 WIB dengan nilai rata-rara sebesar 10.95 Watt.

Berdasarkan data pengamatan yang di peroleh pada tabel 4.4 maka di peroleh grafik hubungan antara daya dan waktu seperti pada gambar 4.3.



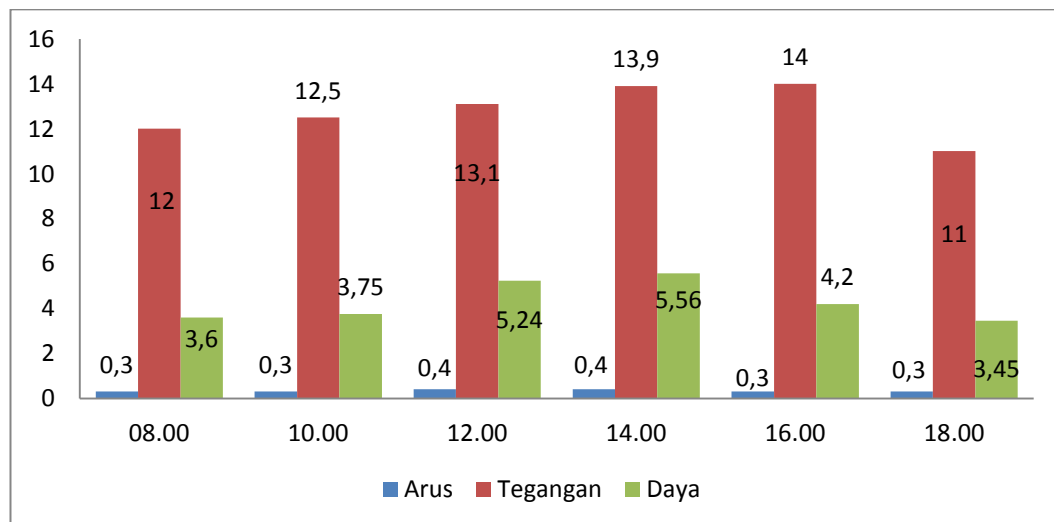
**Gambar 4.3 Grafik perhitungan beban**

Gambar 4.3 menunjukkan perbedaan daya yang dihasilkan oleh panel surya sesuai dengan bentuk kurva grafik yang di peroleh. Perbedaan kurva grafik yang signifikan dapat dilihat pada kurva grafik warna merah dari data yang diperoleh pada jam 14:00 WIB, sedangkan kurva dari pengujian selanjutnya menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu jauh pada setiap pengujiannya, kurva yang diperoleh terlihat berdempetan dengan kurva pada pengujian selanjutnya.

**Tabel: 4.5 Perhitungan daya, arus dan tegangan pada posisi tegak lurus dengan garis normal**

| Waktu Pengujian Wib | Arus (Ampere) | Tegangan (Volt) | Daya (Watt) |
|---------------------|---------------|-----------------|-------------|
| 08.00               | 0.3           | 12              | 3.6         |
| 10.00               | 0.3           | 12.5            | 3.75        |
| 12.00               | 0.4           | 13.1            | 5.24        |
| 14.00               | 0.4           | 13.9            | 5.56        |
| 16.00               | 0.3           | 14              | 4.2         |
| 18.00               | 0.3           | 11.5            | 3.45        |

Berdasarkan data pengamatan yang di peroleh pada tabel 4.5 maka di peroleh grafik hubungan antara daya dan waktu seperti pada gambar 4.4.



**Gambar 4.3 Grafik perhitungan beban**

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Penggunaan sistem real time pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis mikrokontroler ATmega32 mendapat hasil nilai tegangan, arus, dan daya yang di peroleh pada panel surya.

1. Pengujian panel surya pada tegak lurus dengan garis normal dengan menyerap energy matahari pada sudut  $90^\circ$ .
2. Daya maksimum yang di peroleh yaitu sebesar 17.2 Watt, daya minimum yang di peroleh sebesar 10.95 Watt. Sedangkan hasil pengukuran yang di peroleh pada sudut tegak lurus paling tertinggi hanya mampu mencapai 5.56 watt.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka di peroleh saran sebagai berikut:

- a. Untuk keakurasian posisi sudut panel surya alangkah lebih baiknya digunakan *limit switch*.
- b. Untuk mendapatkan penyerapan intensitas matahari yang maksimal sebaiknya digunakan *solar tracker* dengan sistem *double axis*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman, Dimas, Osea Zebua, and Lukmanul Hakim. 2014. "Rancang Bangun Alat Ukur Arus Menggunakan Transformator Arus Berbasis Mikrokontroler Atmega32." *Electrician* 8(2):45–56.
- Benny, I. M. P. W., Ida Bgs, Alit Swamardika, and I. Wyn Arta Wijaya. 2015. "Rancang Bangun Sistem Tracking Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino." 2(2):115–20.
- Boando, Tumbur Hari and Slamet Winardi. 2007. "Menggunakan Arduino."
- Dewanto Harjunowibowo. 2010. "Model Panel Surya Cerdas Dengan Sensor Pelacak Cahaya Matahari Otomatis." *Model Panel Surya Cerdas Dengan Sensor Pelacak Cahaya Matahari Otomatis Berbasis Mikrokontroler* 13(2):7–14.
- Fachri, Muhammad Rizal, Ira Devi Sara, and Yuwaldi Away. 2015. "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino Secara Real Time." *Jurnal Rekayasa Elektrika* 11(4):123.
- Fauzi, Kodrat Wirawan, Teguh Arfianto, and Nandang Taryana. 2018. "Perancangan Dan Realisasi Solar Tracking System Untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno." *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol* 4(1):63–75.
- Hardianto, Hendry Eko and Reza Satria Rinaldi. 2012. "Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik." *Foristek* 2(2):208–15.
- Kurnia M, Pebriningtyas, Musyafa Ali, and Indriawati Katherin. 2013. "Penelusuran Daya Maksimum Pada Panel Photovoltaic Menggunakan

- Kontrol Logika Fuzzy Di Kota Surabaya.” *Jurnal Teknik POMITS* 2(1):135–40.
- Priatman, Jimmy. 2000. “Perspektif Arsitektur Surya Di Indonesia.” *Dimensi Teknik Arsitektur* 28(1):1–7.
- Resi, Krisna. 2013. “Pembuatan Penggerak Panel Surya Untuk Mengikuti Gerak Matahari Dengan Menggunakan Logika Fuzzy.” 5(1):47–56.
- Rr.Ayunda Mahardini. 2010. “Tugas Akhir.” *175.45.187.195* 31124.
- Ruli Siregar, Riki A., Nurfachri Wardana, Luqman Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta Menara PLN, Jl Lingkar Luar Barat, and Duri Kosambi. 2017. “Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno.” 14(2):81–100.
- S. Roni. 2015. “Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Sensor LDR Dan Penampil LCD.” *Jurnal Fisika UNAND* 4(2):113–22.
- Sianipar, Rafael. 2014. “Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.” *Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti Jakarta Barat* 11(2):61–78.
- Soedjarwanto, Noer. 2015. “Sistem Pelacak Otomatis Energi Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega8535.” *Jurnal ELTEK Polinema* 11–20.
- Suryawinata, Handi, Dwi Purwanti, and Said Sunardiyo. 2017. “Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis ATmega 328 Dan Real Time Clock DS1307.” 9(1).
- Vol, Widya Teknika. 2016. “(Sun-Tracking Solar System),” 24(2):50–58.
- WIDODO, MAULDIAN. 2017. “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Mengikuti Pergerakan Arah

Matahari.” *Mekanika* 1–8.

Wiranatha, Yudhy, Jaya Kusuma, Noer Soedjarwanto, Agus Trisanto, and Dikpride Despa. n.d. “Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16.”

Караштин, А. Н., Ю. В. Шлюгаев, and А. В. Гуревич. 2005. “КОРОТКОВОЛНОВОЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ МОЛНИИ” *Tez* 48(9):800–809.