

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PLTS DENGAN SISTEM *REAL TIME* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMega32

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

CANDRA SAPUTRA

1407220046



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Candra Saputra
NPM : 1407220046
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan PLTS Dengan Sistem *Real Time* Berbasis Mikrokontroler ATmega32

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, 20 Maret 2019

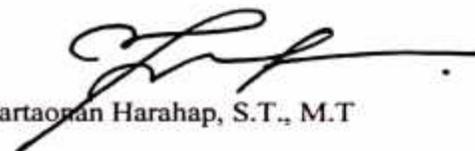
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Rimbawati, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji



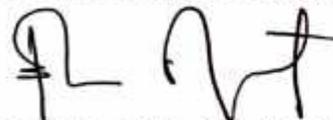
Partaoran Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M

Dosen Pembanding II / Penguji



Elvy Sahnur Nst, S.T., M.Pd

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan P, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Candra Saputra
Tempat /Tanggal Lahir : Kauman / 20 Maret 1996
NPM : 1407220046
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perancangan PLTS Dengan Sistem *Real Time* Berbasis Mikrokontroler ATmega32”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 maret 2019



Saya yang menyatakan,

Candra Saputra

Abstrak

Indonesia merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5- 4,8 KWh/m². 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 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 Ampere, sedangkan arus minimumnya 0.2 Ampere. Daya maksimum yang di peroleh yaitu sebesar 56 Watt, sedangkan daya minimum yang di peroleh sebesar 7 Watt.

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

Abstrac

Indonesia is a tropical area has the potential for solar energy is huge with insolasi daily average 4.5-4.8 KWh/m². Solar energy is one of the renewable energy sources and can be converted into electrical energy by using solar panels. To get optimal absorption of the Sun's light so in need systems that can make solar panels to follow the movement of the Sun. On the research was designed using a real time system solar cell based microcontroller ATMega32. On solar cell uses some components, such as: solar panels 100 WP, actuator, solar charge controller, microcontroller Atmega32. ATmega32 microcontroller as a controller to switch on the motor that is in the corresponding actuator control program codevision-AVR used in this research. This research concluded that the resulting solar panel voltage reaches a maximum voltage of 42 volts, whereas the lowest voltage in the produce of the 24 Volt. The maximum current in the accomplished on testing of 1.9 Amperage minimum flow, whereas 0.2 Ampere. Maximum power in getting IE of 56 Watts, whereas the minimum power in getting of 7 watts.

Keywords : Solar cell, Mikrokontroler ATMega32, actuator

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH. SWT atas rahmat 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 PLTS DENGAN SISTEM *REAL TIME* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMega32”**.

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

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Ardinal) dan ibunda (Astuti) tercinta karena berkat doa dan semangat yang kalian berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini guna

memproleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3. Adik-adikku Joni Hariadi, Indra Husaini, dan Fauzia Rafifa yang memberikan doa dan support kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rimbawati, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang selalu sabar membimbing ,mensupport serta motivasi kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Partaonan Harahap S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Segenap Bapak & Ibu dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Abangda, ayunda, sahabat dan adik-adikku di keluarga Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Teknik yang mensupport penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Adinda Almaida, C.ST, Puji Ramazana, ST dan Dhiora Febriyan Simatupang, C.ST yang telah memberikan supportnya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

11. Teman seperjuangan penulis : Muhammad Rafiq, ST, Nino Winanda, ST, Yolanda Putro, Suhendra, ST, serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luar biasa.

12. 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 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 penuli mengucapkan terima kasih.

Medan, 20 Maret 2019

Penulis

Candra Saputra
1407220046

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB PENDAHULUAN.....	i
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Energi Matahari	13
2.3 Radiasi Matahari.....	13
2.4 Potensi Energi Surya di Indonesia.....	14
2.5 Sejarah Solar Cell	16
2.6 Karakteristik <i>Solar Cell</i>	17
2.7 Prinsip Kerja Solar Cell.....	18
2.7.1 Jenis-Jenis Solar Panel atau Panel Surya	19
2.8 Mikrokontroler	22
2.8.1 Mikrokontroler ATmega32.....	23
2.8.2 Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega32	24
2.9 Solar Charge Controller.....	25
2.10 Inverter	27
2.11 Baterai	28
2.12 Actuator	29

BAB III METEDOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Lokasi Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3 Perancangan Sistem.....	33
3.3.1. Perancangan Sistem PLTS	33
3.3.2 Perancangan Sistem Mikrocontroller.....	35
3.5 Diagram Alir.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Hasil Penelitian.....	38
4.1.1 Pengukuran Tegangan Panel Surya.....	38
4.1.2 Pengukuran Arus Panel Surya.....	40
4.2 Efisiensi Panel Surya	44
BAB V PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar: 2.1. Panel Surya Monocrystalline silicon.....	19
Gambar: 2.2. Panel Surya Polycrystalline silicon	20
Gambar: 2.3. Panel Surya Thin Film Photovoltaic	21
Gambar: 2.4 Bentuk fisik mikrokontroler ATmega32	24
Gambar: 2.6. Solar Charge Controller	26
Gambar: 2.6 Inverter	27
Gambar: 2.7. Actuator.....	29
Gambar: 3.1. Skematik sistem PLTS	33
Gambar: 3.2. Desain PLTS	34
Gambar: 3.3. Tampilan <i>coding dowloeder</i>	36
Gambar: 3.4. Diagram Alir Penelitian	37
Gambar: 4.1 Grafik hubungan tegangan terhadap waktu.....	39
Gambar: 4.2 Grafik hubungan arus terhadap waktu	41
Gambar: 4.3 Grafik perhitungan beban terhadap waktu	43
Gambar: 4.4 grafik nilai efesiensi pada panel surya.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel: 4.1 Pengukuran tegangan pada panel surya dalam keadaan terbeban.	38
Tabel: 4.2 Pengukur arus pada panel surya dalam keadaan terbeban.	40
Tabel: 4.3 Perhitungan daya yang dihasilkan panel surya	42
Tabel: 4.4. nilai Voc dan Isc pada panel surya	48
Tabel: 4.4. nilai efisiensi yang di peroleh pada PLTS.....	48

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 [1]. 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.

Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5- 4,8 KWh/m². Energi matahari adalah salah satu sumber energi yang dapat diperbaharui dan dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. penggunaan panel surya di Indonesia sudah mulai marak, hal ini tentunya merupakan suatu hal yang positif dimana masyarakat Indonesia mulai beralih ke energi yang ramah lingkungan dan terbarukan [2]. Namun sayangnya panel surya yang kita gunakan masih memiliki daya yang kecil dibandingkan dengan pembelian yang relatif mahal. Apalagi jika panel surya tersebut menggunakan sudut pemasangan yang tetap [3].

Hal ini menyebabkan penyerapan energi matahari pada panel surya kurang maksimal, maka diperlukan sistem untuk membuat panel surya mengikuti arah sinar matahari. Dengan panel surya yang mengikuti arah matahari maka daya serap yang dihasilkan akan lebih optimal dibandingkan dengan panel surya yang bersifat statis. Semakin besar intensitas penyinaran matahari yang dihasilkan maka energy matahari yang dikonversi menjadi energi listrik akan semakin besar. Untuk membuat panel surya bisa mengikuti arah pergerakan matahari kurang efektif kalau dilakukan secara manual. Maka perlu dibuat sistem pelacak yang dapat mengatur pergerakan panel surya mengikuti arah matahari berdasarkan hitungan waktu nyata.

Sistem pelacak ini merupakan sebuah alat yang dirancang untuk mengarahkan panel surya mengikuti pergerakan matahari. Sistem ini bekerja menggunakan sistem kontrol. Suatu sistem kontrol memerlukan mekanisme pengolahan algoritma. Pengolahan algoritma sistem kontrol bisa di selesaikan komputer, mikrokontroler, dan alat lainnya. Mikrokontroler merupakan suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer yang hanya membutuhkan ruang kecil serta dapat diproduksi secara masal, sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor. Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak melakukan penelitian yang berkaitan dengan sistem *solar tracker*. Diantara penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, ada beberapa perbedaan pada setiap penelitian yang telah dilakukan seperti penggunaan sistem kontrol yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya ada yang menggunakan mikrokontroler, arduino dan logika fuzzy.

Berdasarkan analisa di atas maka peneliti akan melakukan penelitian untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat mengikuti arah pergerakan matahari dengan menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler Atmega32 agar bisa mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Berapakah besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dengan menggunakan sistem *real time* pada panel surya 100WP ?
- b. Berapakah efisiensi yang di peroleh pada PLTS menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler ATmega32?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dengan menggunakan sistem *real time* pada panel surya 100WP.
- b. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa nilai efisiensi yang di peroleh pada PLTS menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler ATmega32.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini adalah agar penyerapan intensitas penyinaran matahari oleh panel surya lebih maksimal, maka dirancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler Atmega32 agar posisi panel surya dapat bergerak mengikuti arah sinar matahari, diharapkan dapat menghasilkan keluaran energi listrik yang optimal.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dirancang PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dengan menggunakan sistem *real time* berbasis mikrokontroler Atmega32 dengan kemiringan posisi awal 45 derajat yang berguna untuk mengikuti arah pergerakan matahari dengan jangka waktu yang telah ditentukan. Pada penelitian ini panel surya yang digunakan berkapasitas 100WP.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan tugas sarjana ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan berbagai hal mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan berbagai teori yang berkaitan dengan pembahasan tentang penelitian perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang

menggunakan sistem real time berbasis mikrokontroler ATmega32 ,teori-teori yang mendukung penelitian dan pemikiran-pemikiran para peneliti sebelumnya dan penjelasan tentang komponen-komponen yang digunakan untuk penelitian yang bertujuan untuk membantu proses berlangsungnya penelitian .

BAB III METEDEOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang kajian yang digunakan secara teori dengan fakta yang terjadi pada saat pengujian. Dan juga menjelaskan bagaimana cara mendapatkan hasil dari penelitian setelah melakukan pengujian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan laporan rinci dari hasil penelitian yang telah dilakukan,data-data dan fakta yang ditemukan pada saat pengujian. Pada bab ini akan diketahui analisis antara kajiiaa teori dengan fakta-fakta yang ditemukan saat pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil data pengujian serta analisis yang telah dilakukan juga saran untuk perbaikan kedepannya bagi peneliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Kebutuhan 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. Salah satu energi alternatif yang hampir mencakup kriteria aman dan ramah lingkungan adalah energi matahari. Energi matahari dapat di konversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian penggunaan sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan dikontrol oleh Arduino Uno 3128p dan motor servo digunakan untuk menggerakkan sel surya agar didapatkan sudut yang sesuai. Sensor cahaya yang digunakan adalah sensor LDR dimana untuk mengikuti arah datangnya cahaya matahari. Pengujian alat dilakukan selama lima hari, dimana pengujian dilakukan dengan memberikan sumber cahaya pada sensor yang telah terangkai pada sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, sehingga akan teramati motor bergerak sesuai dengan arah datangnya

cahaya matahari dari pukul 06.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. Dari data yang diperoleh pada penelitian ini, didapatkan nilai persentase kenaikan daya maksimal sebesar 43.56%, hal ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh sel surya statis dan surya dalam sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan bergantung oleh durasi dari sel surya tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari, dan bergantung kepada factor \cos dimana \cos adalah sudut yang terbentuk antara arah datangnya sinar matahari dengan normal bidang dari sel surya [4].

Pada penelitian selanjutnya dilakukan penelitian panel surya dengan sistem pelacak energi surya otomatis berbasis mikrokontroler. Dengan menggunakan motor stepper, sensor fotoresistor (LDR) dan mikrokontroler ATmega8535, posisi panel surya 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 bila posisi panel surya yang tetap pada 60 derajat [5].

Pada penelitian berikutnya penelitian mengenai implementasi logika fuzzy pada panel surya berpenjejak yang menggunakan motor DC untuk mengatur posisi panel surya. Fuzzifikasi dilakukan menggunakan metode Takagi-Sugeno. Algoritma pengendalian diimplementasikan pada mikrokontroler Atmega 128 menggunakan program BASCOM-AVR. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan tegangan keluaran sensor sel surya (V_{out}) sebesar 0,40V dibandingkan surya tanpa perhitungan logika fuzzy. Validasi hasil perhitungan logika fuzzy dengan metode Takagi-Sugeno dengan cara membandingkan dengan metode Tsukamoto

menunjukkan perbedaan hasil pengujian tegangan keluaran sensor sel surya yang tidak signifikan (0,001V), namun komputasi Takagi-Sugeno lebih efisien karena memanfaatkan penggabungan perhitungan logika fuzzy dengan dua keluaran sekaligus, dibandingkan dengan metode Tsukamoto yang melakukan perhitungan pada keluaran fuzzy satu per satu [6].

Pada penelitian berikutnya dirancang 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 panel surya. Sistem ini bekerja dengan adanya 2 buah sensor peka cahaya (LDR) yang membaca pergerakan matahari ditempatkan di beberapa sudut panel surya, lalu output LDR terhubung pada pin analog arduino, arduino akan mengolah data dari sensor LDR sehingga motor akan menggerakkan panel surya ke kiri atau ke kanan sesuai perintah. Ada beberapa komponen yang digunakan pada perancangan *solar tracking system* ini yaitu *accu*, *solar charge control*, *voltage regulator* dan sebuah LCD. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metoda *solar tracking system*, maka total jumlah energi yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan panel surya statis [7].

Pada penelitian berikutnya dengan rancangan percobaan berskala kecil atau laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penambahan alat pencari arah sinar matahari dan lensa cembung terhadap daya output panel surya. Daya tinggi terjadi pada jam 14:00 WIB dengan alat tambahan dikarenakan panel surya selalu mengikuti arah pencari sinar matahari serta lensa cembung dengan nilai

daya output sebesar 0,251 watt, untuk daya terendah terjadi pada jam 07:00 WIB dengan nilai daya output sebesar 0,203 watt. Sedangkan pada *solar cell* yang tidak dilengkapi alat pencari sinar matahari dan lensa cembung mendapatkan daya maksimal pada jam 12:00 WIB dengan nilai daya output sebesar 0,226 watt. Sedangkan daya terendah terjadi pada jam 07:00 WIB dengan nilai daya output sebesar 0,00004 watt [8].

Pada penelitian berikutnya dilakukan penelitian pada panel surya 50 WP dengan sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Sistem ini adalah sistem elektronik yang mencari titik kerja maksimal pada photovoltaic agar dapat converter sebagai alat untuk menurunkan tegangan karena beban yang digunakan pompa air DC 12V. MPPT ini mempunyai algoritma yang akan diprogram di mikrokontroler ATmega8535 yang berfungsi untuk mencari nilai titik daya maksimal *photovoltaic*. *Photovoltaic* merupakan sumber dari sistem. Algoritma yang digunakan yaitu metode *Perturb* dan *Observe*. Hasil dari penelitian ini adalah nilai daya yang dihasilkan dari sistem MPPT lebih besar disbanding dengan non-MPPT, dan keluaran air dari pompa air motor DC 12V meningkat sebesar 733mL/menit [9].

Pada penelitian berikutnya digunakan instrument dasar, yaitu: panel surya, LDR (*Light Dependent Resistor*), mikrokontroler Arduino, VSD (*Variable Speed Driver*) dan motor AC. Kelima instrument dasar tersebut dirangkai dan diprogram sehingga melahirkan suatu perangkat pelacak surya yang dapat bekerja di lapangan. Pengontrolan 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. Pada penelitian ini juga akan dibandingkan efisien sistem pelacak surya menggunakan logika fuzzy dengan sistem konvensional panel surya posisi fix. Acuan yang akan digunakan adalah daya listrik yang terkonversi dari sumber cahaya terkontrol dalam laboratorium. Sistem yang telah dirancang berhasil melacak sumber cahaya lampu halogen, namun belum dilakukan pelacakan dengan sumber cahaya matahari. Namun demikian, perubahan ini frekuensi keluaran sistem VSD yang telah dirancang berhasil mengikuti logika fuzzy. Pada sistem ini secara garis besar, respon closed loop walaupun memiliki nilai pembacaan yang lebih bergoyang. Perhitungan efisiensi energi dari sumber cahaya di laboratorium pada panel surya setelah dilakukan pelacakan meningkat signifikan berkisar di nilai 68,23% hingga 91% untuk sudut pelacakan 30,11 derajat hingga 19,19 derajat [10].

Pada penelitian berikutnya menggunakan metode *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). Dimana dengan MPPT tersebut bertujuan untuk memaksimalkan keluaran daya yang diserap lebih optimal. Algoritma penjejak menggunakan *Perturb and observe*. Sebuah algoritma yang mencari dP/dV yang bernilai nol sebagai pertanda puncak kurva *Maximum Power Point* (MPP). Untuk lebih maksimal lagi, sistem yang dibuat pada penelitian ini menggunakan sistem panel surya bergerak. Dimana penggeraknya menggunakan motor DC *gearbox*. Hasil yang diperoleh dari sistem ini adalah tracking panel surya *single axis* yang dapat tegak lurus dengan arah matahari dan mendapatkan nilai tegangan, arus dan daya yang lebih besar menggunakan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) berdasarkan metode *Perturb and Observe*. Mengacu pada hasil penelitian, disimpulkan bahwa panel surya yang

bekerja dengan motor juga MPPT dengan algoritma *Perturb and Observe* dapat bekerja dengan baik. Efisiensi daya yang mampu dicapai adalah 86,5% [11].

Pada penelitian berikutnya menggunakan metode eksperimental dimana *solar cell* akan dikontrol menjadi sistem *solar cell* yang mampu mengikuti pergerakan matahari. *Solar cell* yang dilengkapi sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) agar dapat membaca intensitas cahaya paling tinggi. Teknis analisa data dalam bentuk tabel dan grafik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi *solar cell* yang menggunakan sistem kontrol berbasis sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dengan acuan pergerakan matahari. Penelitian tentang sistem kontrol panel surya berbasis sensor LDR yang diharapkan dapat memperoleh nilai efisiensi panel surya yang tinggi. Penelitian sistem kontrol panel surya berbasis sensor LDR ini memiliki *variable* jumlah sensor yang di gunakan berjumlah 3, 5, dan 6 sensor LDR. Berdasarkan data pengujian penggunaan jumlah sensor LDR terbaik terdapat pada penggunaan 6 sensor LDR, dikarenakan memiliki nilai persentase efisiensi tertinggi yaitu sebesar 6,73% dan memiliki rata-rata selisih kemiringan sudut terkecil yaitu sebesar 7,29%. Berdasarkan data pengujian semakin banyak jumlah sensor LDR yang digunakan berpengaruh terhadap nilai rata-rata selisih kemiringan sudut panel surya dan berdampak pada hasil efisiensi yang dihasilkan panel surya. Terlihat penggunaan sensor 6 LDR memiliki nilai efisiensi yang stabil di bandingkan variabel yang menggunakan jumlah sensor LDR 3,4 dan 5 [12].

Pada penelitian berikutnya dilakukan penelitian dengan sebuah sistem tambahan yang dapat meningkatkan charging time dengan harapan panel surya mendapatkan cahaya matahari yang tegak lurus serta difokuskan saat diterima oleh

panel surya sehingga menghasilkan energi listrik yang lebih besar, pencari arah cahaya matahari yang dilengkapi dengan pemfokus cahaya berpengaruh terhadap *charging time*, pada panel surya yang dilengkapi dengan pencari dan pemfokus cahaya dapat meningkatkan *charging time* sebesar 42,8% [13]. Pada tahun yang sama dilakukan 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 ATmega128 menggunakan Program BASCOM-AVR. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan tegangan keluaran sensor sel surya (V_{out}) sebesar 0,067 Volt [14].

Pada penelitian berikutnya dilakukan perancangan solar tracker menggunakan empat buah sensor LDR untuk mengikuti arah gerak matahari. Rangkaian terdiri dari rangkaian catu daya, rangkaian mikrokontroler ATmega8535, LCD, rangkaian driver motor *stepper*, dan rangkaian sensor LDR. Rancangan mekanik menggunakan dua sumbu putar dengan motor *stepper* tipe unipolar. Sel surya yang digunakan adalah Amorphous 10V/30mA. Hasil pengukuran menunjukkan kenaikan tegangan sel surya mencapai 11,53% dibandingkan yang tidak menggunakan *solar tracker*, sedangkan tegangannya naik 1,18 V dibandingkan sel surya statis [15].

Penelitian berikutnya melakukan penelitian dengan menggunakan data temperatur dan radiasi tahun 2016 bersumber dari *software* RETScreen yang terintegrasi dengan NASA. Pada penelitian tersebut dirancang sistem PV untuk menghasilkan keluaran daya maksimum dengan menggunakan *boost converter* yang terhubung dengan *grid-connected* inverter. Hasil dari penelitian tersebut adalah

pengaruh kenaikan temperature dari sistem PV terhubung grid pada irradiansi 1.000 W/m² saat temperatur sel terendah di tahun 2016 yaitu 48,859°C menghasilkan daya 13.638,473 W, sedangkan pada saat temperatur sel tertinggi di tahun 2016 yaitu 56,321°C menghasilkan daya 13.226,898 W. pengaruh irradiansi dari sistem PV terhubung grid pada temperature 25°C saat irradiansi 157,755 W/m² daya yang dihasilkan 2.423,147 W, sedangkan pada saat irradiansi 242,473 W/ m² menghasilkan daya 3.786,165 W [16]

2.2 Energi Matahari

Matahari merupakan bintang yang istimewa dan mempunyai radius sejauh 6,96 x 10⁵ km dan terletak sejauh 1,496 x 10⁸ km dari bumi. Besar jumlah energi yang dikeluarkan oleh matahari sukar dibayangkan. Menurut salah satu perkiraan, inti sang surya merupakan suatu tungku termonuklir bersuhu 100 juta derajat *celcius* setiap detik mengkonversi 5 ton materi menjadi energi yang dipancarkan ke angkasa luas sebanyak 6,41 x 10⁷ W/m²

2.3 Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran) karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara) sedangkan gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan

medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara [17].

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 irradiasi pada daerah-daerah ini umumnya merupakan fungsi dari panjangnya hari dan sudut datangnya radiasi surya.

2.4 Potensi Energi Surya di Indonesia

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km² adalah sebesar 510 MW atau kWh/m²/hari atau dengan 112.000 gWp yang didistribusikan. Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya:

- a. Sumber energi yang mudah didapatkan.

- b. Ramah lingkungan.
- c. Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis.
- d. Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah.
- e. Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai.

Sejauh ini pemanfaatan energi surya di Indonesia telah diarahkan ke penyediaan listrik di pedesaan atau daerah-daerah yang letaknya sulit untuk dijangkau oleh PLN.

Energi radiasi matahari dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau disebut juga teknologi *photovoltaic* yang terbuat dari bahan semi konduktor yang disebut *solar cell*. Teknologi dari sumber energi yang tidak terbatas (cahaya matahari) juga terkenal ramah lingkungan sehingga memiliki daya guna yang tinggi. Hanya saja teknologi ini membutuhkan area instalasi yang luas untuk dapat menyerap sinar matahari. Daya listrik sebesar 100 mW akan membutuhkan luas tanah 60-70 hektar. PLTS dapat berupa sistem terpusat (*centralized*), sistem tersebar (*stand-alone*) dan sistem hibrida (*hybrid system*).

- a. *Centralized PV* sistem adalah PLTS yang mensuplai listrik secara terpusat untuk berbagai lokasi/beban yang bersifat *on grid* maupun *off grid*.
- b. Sistem *stand alone* hanya mensuplai listrik khusus untuk kebutuhan beban yang tersebar di masing-masing lokasi dan bersifat *off grid*.
- c. *System hybrid*, PLTS digunakan bersama-sama dengan sistem pembangkit lainnya dalam mensuplai listrik.

2.5 Sejarah Solar Cell

Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexander Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi *solar cell*. Percobaannya dilakukan dengan menyinari 2 elektroda dengan berbagai macam cahaya. Elektroda tersebut dilalut (*coated*) dengan bahan yang sensitif terhadap cahaya, yaitu AgCl dan AgBr dan dilakukan pada kotak hitam yang dikelilingi dengan campuran asam. Dalam percobaannya ternyata energi listrik meningkat manakala intensitas cahaya meningkat. Selanjutnya penelitian dari Bacquerel dilanjutkan oleh peneliti-peneliti lain.

Tahun 1873 seorang insinyur Inggris Willoughby Smith menemukan Selenium sebagai suatu elemen *photo conductivity*. Kemudian tahun 1876 William Grylls dan Richard Evans Day membuktikan bahwa Selenium menghasilkan listrik apabila disinari dengan cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik tanpa ada bagian bergerak atau panas. Sehingga disimpulkan bahwa *solar cell* sangat tidak efisien dan tidak dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik. Tahun 1984 Charles Fritts membuat *solar cell* pertama yang sesungguhnya yaitu suatu bahan semi konduktor (selenium) dilalut dengan lapisan tipis emas.

Tingkat efisiensi yang dicapai baru 1% sehingga belum juga dapat dipakai sebagai sumber energi namun kemudian dipakai sebagai sensor cahaya. Tahun 1905 Albert Einstein mempublikasikan tulisannya mengenai *photoelectric effect*. Tulisannya ini mengungkapkan bahwa cahaya terdiri dari paket-paket yang sekarang ini lazim disebut *photon*. Teori ini sangat sederhana tetapi revolusioner. Kemudian

tahun 1916 pendapat Einstein mengenai *photovoltaic effect* dibuktikan oleh percobaan Robert Andrew Millikan seorang ahli fisika berkebangsaan Amerika dania mendapatkan Nobel Prize untuk karya *photoelectric effect*.

Tahun 1923 Albert Einstein akhirnya juga mendapatkan Nobel Prize untuk teorinya yang menerangkan *photoelectric effect* yang dipublikasikan 18 tahun sebelumnya. Hingga tahun 1980-an efisiensi dari hasil penelitian terhadap *solar cell* masih sangat rendah sehingga belum dapat digunakan sebagai sumber daya listrik. Tahun 1982, Hans Tholstrup seorang Australia mengendarai mobil bertenaga surya pertama untuk jarak 4000 km dalam waktu 20 hari dengan kecepatan maksimum 72 km/jam.

Tahun 1985 University of South Wales Australia memecahkan rekor efisiensi solar mencapai 20% dibawah kondisi satu cahaya matahari. Tahun 2007 University of Delaware berhasil menemukan *solar cell technology* yang efisiennya mencapai 42,8%. Hal ini merupakan rekor terbaru untuk *thin film photovoltaic solar cell*. Perkembangan dalam riset *solar cell* telah mendorong komersialisasi dan produksi *solar cell* untuk penggunaannya sebagai sumber daya listrik.

2.6 Karakteristik Solar Cell

Solar cell menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan *solar cell*. Karakteristik tegangan arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan *solar cell* sama dengan nol atau tegangan *sebagai solar cell* hubung pendek, arus rangkaian pendek atau *ISc (short circuit current)*, yang sebanding dengan irradiasi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai *ISc* naik dengan meningkatnya

temperatur, meskipun temperatur standar yang tercatat untuk rangkaian pendek adalah 25°C.

Jika arus *solar cell* sama dengan nol, *solar cell* tersebut digambarkan sebagai rangkaian terbuka. Tegangan sel surya kemudian menjadi tegangan rangkaian terbuka, *Voc (open circuit voltage)*. Ketergantungan *Voc* terhadap iradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan *Isc*. Oleh karena itu daya maksimum *solar cell* dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur. Pada kebanyakan sel surya peningkatan temperatur dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%. Sel surya menghasilkan daya maksimumnya pada tegangan tertentu.

Efisiensi *solar cell* (η) adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya daya pancaran (*radiant*) pada bidang sel.

$$\eta = \frac{I_{sc} \times V_{oc}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Sel surya kristal yang dijual pada saat ini bisa mencapai efisiensi sampai 20%, namun di laboratorium, efisiensi 25% bisa dicapai.

2.7 Prinsip Kerja Solar Cell

Prinsip kerja sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction. Sel terdiri dari lapisan anti refleksi dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus lapisan tipe-n (*electron* dan tipe-p (hole). Semikonduktor tipe-n

didapat dengan mendoping silikon dengan unsur dari golongan V sehingga terdapat kelebihan elektron valensi dibanding atom sekitar. Pada sisi lain semikonduktor tipe-p didapat dengan doping oleh golongan II I sehingga *electron* valensinya deficit satu dibanding atom sekitar. Ketika dua tipe material tersebut mengalami kontak maka kelebihan elektron dari tipe-n berdifusi pada tipe-p. Sehingga area doping n akan bermuatan positif sedangkan area *doping-p* akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi pada keduanya mendorong elektron kembali ke daerah n dan hole ke daerah p. Pada proses ini telah berbentuk p-n *junction*. Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n maka terbentuk dioda.[18]

2.7.1 Jenis-Jenis Solar Panel atau Panel Surya

A. Panel Surya *Monocrystalline Silicon* (*mono-silicon* atau *single silicon*)

Merupakan panel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi.



Gambar: 2.1. Panel Surya *Monocrystalline silicon* (*mono-silicon* atau *single silicon*)

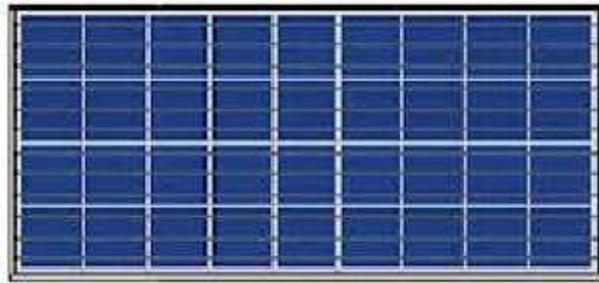
(<http://www.panelsurya.com>)

Memiliki efisien sampai dengan 15-20%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh),

efisiennya akan turun drastic dalam cuaca berawan. Panel surya *monocrystalline* memiliki harga paling mahal dibandingkan dengan panel surya lainnya.

B. Panel Surya *Polycrystalline silicon (multicrystalline, multi-silicon, ribbon)*

Pada pengujian ini menggunakan panel surya *polycrystallin*. Panel ini memiliki level silikon yang lebih rendah dari panel *monocrystalline*. Maka panel ini sedikit lebih murah lebih rendah efisiennya dari panel *monocrystalline*.



Gambar: 2.2. Panel Surya Polycrystalline silicon (*multicrystalline, multi-silicon, ribbon*)

(<http://sanfordlegenda.blogspot.com/2013/10/Solar-cells-Jenis-jenis-sel-surya.html>)

Panel *Polycrystalline* merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

C. Panel Surya *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis *mikrokristalsilicon* dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga

untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar dari pada monokristal dan polykristal



Gambar: 2.3. Panel Surya *Thin Film Photovoltaic*

(<http://www.armaturelampu.com/information/170>)

Pada pengujian ini menggunakan panel surya *polycrystallin*. Panel ini memiliki level silikon yang lebih rendah dari panel *monocrystalline*. Maka panel ini sedikit lebih murah lebih rendah efisiennya dari panel *monocrystalline*. Panel surya terdiri silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang. Dengan menambah *solar cells panel* (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Sel silikon di dalam sel surya yang di sinari matahari, membuat *photon* bergerak menuju *electron* dan menghasilkan arus dan tegangan listrik. Sebuah sel silikon menghasilkan kurang lebih tegangan 0,5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih kurang lebih 36 sel surya (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum). *Solar cells panel* modul memiliki kapasitas *output: Watt hour*. *Solar cell 50 WP 12 V*, memberikan output daya sebesar 50 Watt per *hour* dan tegangan adalah 12 Volt. Untuk perhitungan daya

yang dihasilkan per hari adalah 50 Watt x 5 jam (*maximum peak* intensitas matahari) [19].

2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer dalam sebuah chip. Didalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Sekedar contoh bayangkan diri anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika anda sudah bisa melakukan hal itu anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya dan anda pun bisa pula menulis hal hal sebaliknya.

Begitu pula jika anda sudah mahir membaca dan menulis data maka anda membuat program untuk membuat suatu sistem pengaturan otomatis menggunakan mikrokontroler sesuai keinginan anda. Mikrokontroler merupakan komputer di dalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut pengendali kecil dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remot controls, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan

mengurangi ukuran biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
3. Pencarian gangguan akan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya kompak.

Agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimum paling tidak dibutuhkan sistem *clock* dan *reset*, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem *clock* internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi. Yang dimaksud dengan sistem minimum adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimum mikrokontroler AVR memiliki prinsip yang sama.

2.8.1 Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronik digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara

khusus. Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan dalam mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya.



Gambar: 2.4 Bentuk fisik mikrokontroler ATmega32

(<http://nulis-ilmu.com/mikrokontroler-avr-atmega32/>)

Secara umum bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Meskipun dari sebuah kemampuan lebih rendah tetapi mikrokontroler memiliki kelebihan yang tidak bisa diperoleh pada sistem komputer yaitu dengan kemasan yang kecil dan kompak membuat mikrokontroler menjadi lebih fleksibel dan praktis digunakan terutama pada sistem yang relatif tidak terlalu kompleks atau tidak memerlukan bahan komputasi yang tinggi.

2.8.2 Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega32

Mikrokontroler AVR merupakan keluarga mikrokontroler RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) keluaran Atmel. Konsep arsitektur AVR pada mulanya

dibuat oleh dua orang mahasiswa di Norwegian Intitute of Teknologi (NTH) yaitu Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollan. Mikrokontroler ATmega32 merupakan salah satu anggota mikrokontroler AVR 8 bit. AVR merupakan mikrokontroler dengan arsitektur Harvard dimana antara kode program dalam memori permanen atau semi permanen (non Volatile). Sedangkan data disimpan dalam memori tak permanen (Volatile). ATmega16 memiliki fitur yang cukup lengkap, mulai dari kapasitas memori program dan memori data yang cukup besar, intrupsi timer/ counter, PWM, USART, TWI, analog comperator, EEPROM internal dan juga ADC internal semuanya ada dalam ATmega32 [20].

2.9 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) adalah komponen di dalam sistem PLTS yang berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus masuk dari panel surya maupun arus beban keluar atau yang digunakan. SCC bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (*over charge*). Fungsi dan fitur SCC yaitu:

- a. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah *over charge*, dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Pada kondisi ini, listrik yang tersuplai dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban atau peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai konsumsi daya peralatan listrik.
- b. Saat tegangan di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka *controller* berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban.

Pada kondisi tegangan tertentu (umumnya keadaan sekitar 10% sisa tegangan di baterai), maka pemutusan arus beban dilakukan oleh *controller*. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel-sel baterai. Pada kebanyakan model *controller*, *indicator* lampu akan menyala dengan warna tertentu yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses *charging*. Pada kondisi ini, bila arus listrik dari baterai akan diputus oleh *controller*, maka beban tidak dapat beroperasi [21].

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari satu *input* (dua terminal) yang terhubung dengan output panel surya, satu *output* (dua terminal) yang terhubung dengan baterai dan satu *output* (dua terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena biasanya ada dioda proteksi yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya [22].



Gambar: 2.5. Solar Charge Controller

(https://www.epsolarpv.com/productlist_1.html)

2.10 Inverter

Untuk kebutuhan listrik AC, energi listrik yang disimpan di baterai dirubah menjadi listrik AC menggunakan Inverter. Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC).



Gambar: 2.6 Inverter

(<https://blog.dimensidata.com>)

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan Inverter:

1. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih Inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
2. Input DC 12 V atau 24 V.
3. *Sineawave* ataupun *saquere wave* output AC.

True sine wave inverter diperlukan terutama untuk beban-beban yang masih menggunakan motor agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak panas. Oleh karena itu dari sisi harga *true sine wave inverter* adalah yang mahal diantara yang lainnya karena dialah yang paling mendekati bentuk gelombang asli dari jaringan PLN. Sedangkan pada *saquere wave inverter* beban-beban listrik yang menggunakan

kumparan/motor tidak dapat bekerja sama sekali. Rugi-rugi (*loss*) yang terjadi pada inverter biasanya berupa dissipasi dalam bentuk panas. Pada umumnya efisiensi inverter adalah berkisar 50-90% tergantung dari beban outputnya. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja inverter yang tertera maka efisiensinya semakin besar [22].

2.11 Baterai

Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. *Accumulator* atau yang akrab disebut accu/aki adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor. Selain berfungsi untuk menggerakkan motor starter, aki juga berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik kendaraan.

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 *accumuleren*. 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.

Menurut Rudolf Michael, akumulator dapat diartikan sebagai sel listrik yang berlangsung proses elektrokimia secara bolak-balik (*reversible*) dengan nilai efisiensi

yang tinggi. Disini terjadi proses pengubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya tenaga listrik menjadi tenaga kimia dengan cara regenerasi dari elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dengan arah yang berlawanan di dalam sel-sel yang ada dalam akumulator. Saat pengisian tenaga listrik dari luar di ubah menjadi tenaga listrik dalam akumulator dan disimpan di dalamnya. Sedangkan saat pengosongan tenaga di dalam akumulator di ubah lagi menjadi tenaga listrik yang digunakan untuk mencatu energi dari suatu peralatan listrik. Dengan adanya proses tersebut akumulator sering dikenal dengan elemen primer dan sekunder.

2.12 *Actuator*

Actuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. [23]



Gambar 2.7. Actuator

(<https://www.Actuator.com>)

Actuator diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis yang biasanya digerakkan oleh motor listrika, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram diantaranya mikrokontroler. *Actuator* adalah elemen yang

menkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lainnya misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat elektromagnetik yang menghasilkan daya gerakan sehingga dapat menghasilkan gerakan pada robot. Untuk meningkatkan tenaga mekanik actuator ini dipasang dengan sistem *gearbox*. *Actuator* dapat melakukan hal tertentu setelah mendapat perintah dari kontroler. Misalnya pada suatu robot pencari cahaya, jika terdapat cahaya, maka sensor akan memberikan informasi pada kontroler yang kemudian akan memerintah pada actuator untuk mendekati arah sumber cahaya.

BAB III

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi 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

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mesin trafo las inverter 900 Watt, untuk mengels konstruksi bangun PLTS.
2. Mesin gerinda 4', uneuk memotong besi bahan yang digunakan.
3. Mesin bor listrik, untuk melubangi bagian PLTS.
4. Meteran, untuk mengukur panjang bahan yang digunakan.
5. *Multi tester*, untuk mengukur dan mengetahui tegangan yang dihasilkan
6. Tang kombinasi, sebagai media jepit.
7. Tang potong, untuk memotong kabel.
8. Obeng plus (+) minus (-), untuk mengunci skrup.
9. Kunci ring dan pas, untuk mengunci baut.

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan *prototype* pemabangkit listrik tenaga surya adalah sebagai berikut :

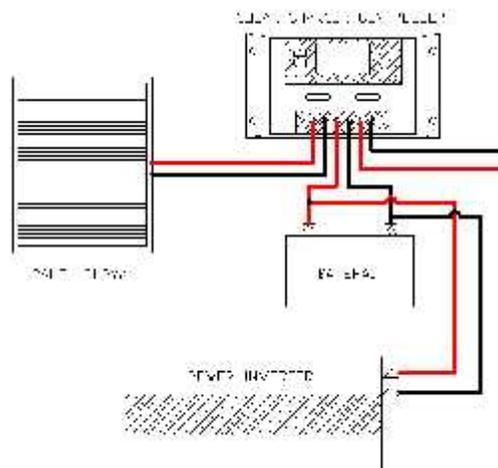
1. Panel surya 50WP berfungsi sebagai alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik.
2. Solar charger controller berfungsi pengatur tegangan dan arus listrik keluaran dari sel surya menuju baterai.
3. Baterai berfungsi sebagai media penyimpan arus listrik.
4. Kabel berfungsi sebagai media penghubung komponen ke komponen lainnya.
5. Mikrokontroler Atmega32 berfungsi sebagai kontrol sistem real time pada PLTS.
6. Besi siku 25 mm, sebagai rangka untuk dudukan panel surya dan komponen-komponen pada PLTS.
7. Baut + mur 6 mm, sebagai pengikat sel surya dengan rangka.
8. Baut + mur 4 mm, sebagai pengikat komponen elektrikal pada papan alat penelitian.
9. *Actuator* berfungsi sebagai penggerak panel surya untuk mengikuti pergerakan matahari.
10. Inverter berfungsi sebagai mengubah arus DC ke AC.
11. *Cable Duct* atau jalur kabel, sebagai jalur kabel untuk menghubungkan ke komponen.
12. Cat untuk mewarnai kerangka dudukan PLTS

3.3 Perancangan Sistem

3.3.1. Perancangan Sistem PLTS

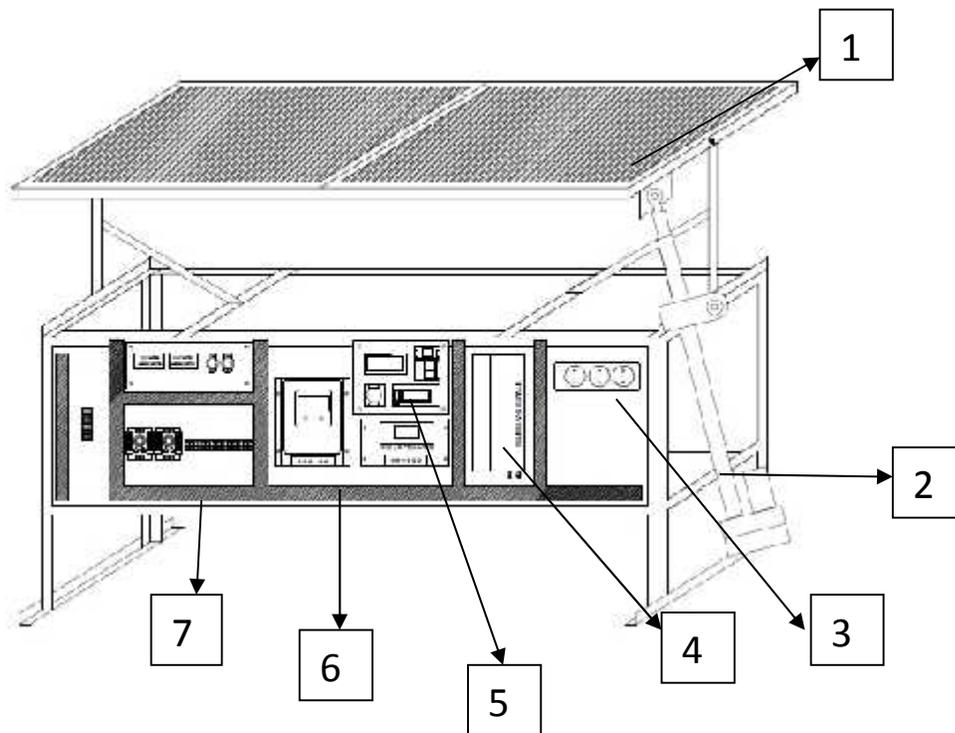
Adapun langkah-langkah dalam perancangan sistem PLTS adalah sebagai berikut :

1. Membuat rangka dudukan untuk panel surya dan komponen-komponen yang digunakan untuk PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).
2. Menggabungkan rangka dudukan dengan set PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).
3. Menghubungkan output dari panel surya ke solar charger controller, dalam hal ini kabel yang digunakan adalah kabel jenis NYAF 2,5mm, 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. Skematik sistem PLTS

Desain PLTS



Gambar: 3.2. Desain PLTS

Keterangan gambar :

1. Panel surya.
2. *Actuator*.
3. Stop kontak.
4. *Power inverter*.
5. Mikrokontroler.
6. *Solar charger controller*.
7. *Cable Duct* atau jalur kabel.

Adapun pengujian pada penelitian ini adalah dengan cara mengubah posisi-posisi sudut panel surya. Pada penelitian ini dilakukan lima kali pengujian sesuai yang telah diatur pada program *softhwer* yang digunakan. Dibawah ini adalah uraian dari pengujian yang telah dilakukan pada PLTS sebagai berikut:

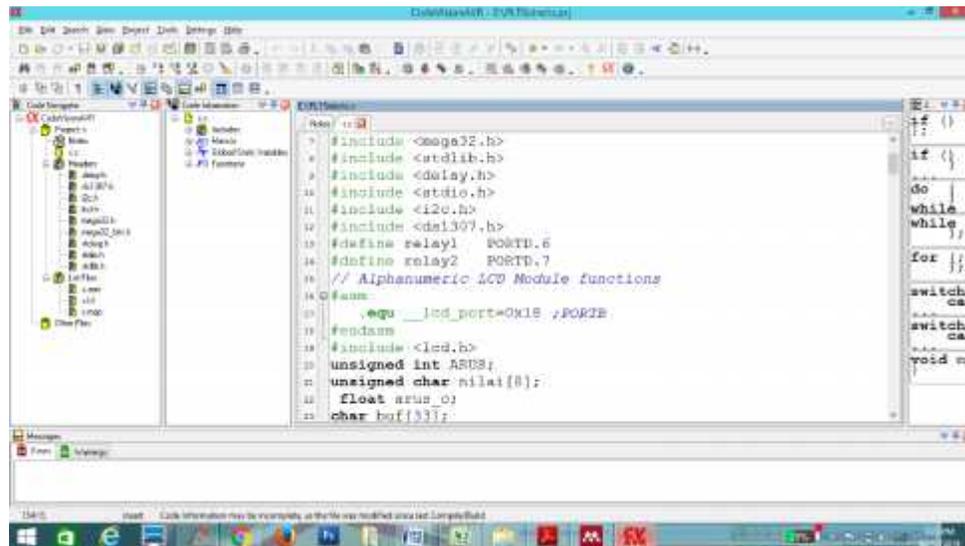
1. Pada pengujian pertama dilakukan pada jam 08.00 WIB, dengan posisi panel surya pada sudut 45° .
2. Pada pengujian kedua dilakukan pada jam 10.00 WIB, dengan posisi panel surya pada sudut 67° .
3. Pada pengujian ketiga dilakukan pada jam 12.00 WIB, dengan posisi panel surya pada sudut 90° .
4. Pada pengujian keempat dilakukan pada jam 14.00 WIB, dengan posisi panel surya pada sudut 112° .
5. Pada pengujian kelima dilakukan pada jam 16.00 WIB, dengan posisi panel surya pada sudut 135° .

Pada pukul 18.00 WIB posisi panel surya kembali pada posisi awal, yaitu pada sudut 45° .

3.3.2 Perancangan Sistem Mikrokontroler

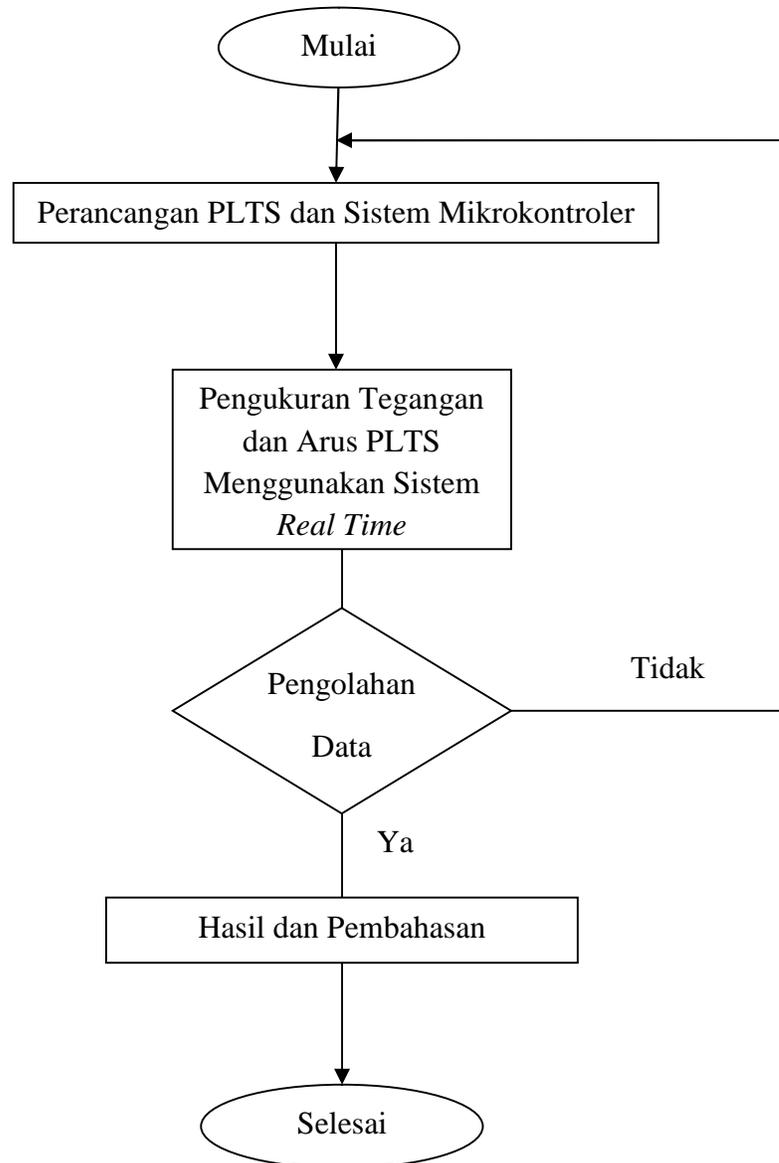
Adapun langkah-langkah dalam perancangan sistem mikrokontroler adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan komponen-komponen untuk perancangan sistem mikrokontrolernya, seperti: Papan kit akrilik, IC mikrokontroler ATmega32, LCD 16 x 2, RTC (*Real Time Clock*), Relay dan kabel jumper.
2. Menghubung antara komponen dengan komponen lainnya menggunakan kabel jumper.
3. Membuat program untuk di *download* ke mikrokontroler agar mikrokontroler dapat mengirimkan perintah untuk menggerakkan motor yang ada dalam actuator, kemudian motor menggerakkan ulir untuk mengangkat tuas pada ujung actuator yang terhubung dengan sisi panel surya, sehingga panel surya bisa bergerak sesuai dengan program yang di buat.



Gambar: 3.3. Tampilan *coding dowloeder*

3.5 Diagram Alir



Gambar: 3.4. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada PLTS dengan lima variasi sudut pada posisi panel surya yaitu, sudut 45°, 67°, 90°, 112°, 135° dengan variasi waktu pada jam 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini diperoleh data tegangan, arus, daya yang dihasilkan oleh panel surya.

4.1.1 Pengukuran Tegangan Panel Surya

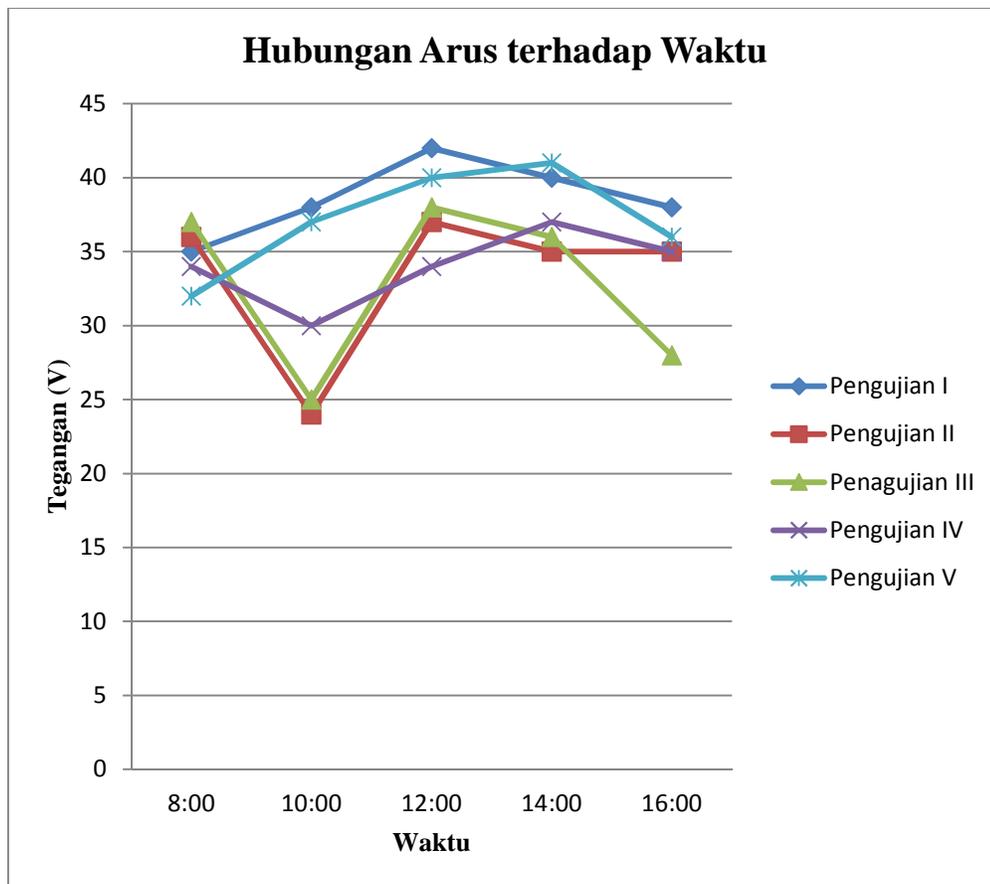
Pada penelitian dilakukan pengujian dengan melakukan pengukuran tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada variasi sudut posisi panel surya yang berbeda-beda dengan waktu yang berbeda-beda. Hasil pengukuran tegangan yang diperoleh dari penelitian ini adalah seperti yang tertera pada tabel 4.1.

Tabel: 4.1 Pengukuran tegangan pada panel surya dalam keadaan terbeban.

Waktu Pengujian (WIB)	Pengukuran Tegangan Percobaan					Tegangan Rata-Rata (V)
	I	II	III	IV	V	
08:00	35	36	37	34	32	34.8
10:00	38	24	25	30	37	30.8
12:00	42	37	38	34	40	38.2
14:00	40	35	36	37	41	37.8
16:00	38	35	28	35	36	34.4

Dari pengamatan pada tabel 4.1 dapat dilihat perubahan tegangan pada setiap waktu pengujian tegangan tertinggi dicapai sampai pada tegangan 42 volt pada jam 12.00 WIB, sedangkan tegangan terendah pada jam 10.00 WIB dengan nilai rata-rata tegangan dari lima kali pengujian yaitu 30.8 Volt.

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



Gambar: 4.1 Grafik hubungan tegangan terhadap waktu.

Pada gambar 4.1 menunjukkan perubahan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya pada setiap pengujian. Intensitas radiasi matahari dan posisi panel surya

mempengaruhi besar dan kecilnya tegangan yang dihasilkan oleh panel surya pada setiap pengujian. Pada gambar 4.1 menunjukkan tegangan belum stabil yang di hasilkan oleh panel surya ditunjukkan dengan kurva pada gambar 4.1.

4.1.2 Pengukuran Arus Panel Surya

Pada pengujian selanjutnya melakukan pengukuran arus yang dihasilkan panel surya. Pengukuran arus pada penelitian dilakukan lima kali pengujian. Setiap pengujian dilakukan pada waktu dan posisi sudut panel surya berbeda. Dari penelitian yang dilakukan di peroleh data hasil pengukuran arus pada panel surya seperti yang tertera pada tabel 4.2.

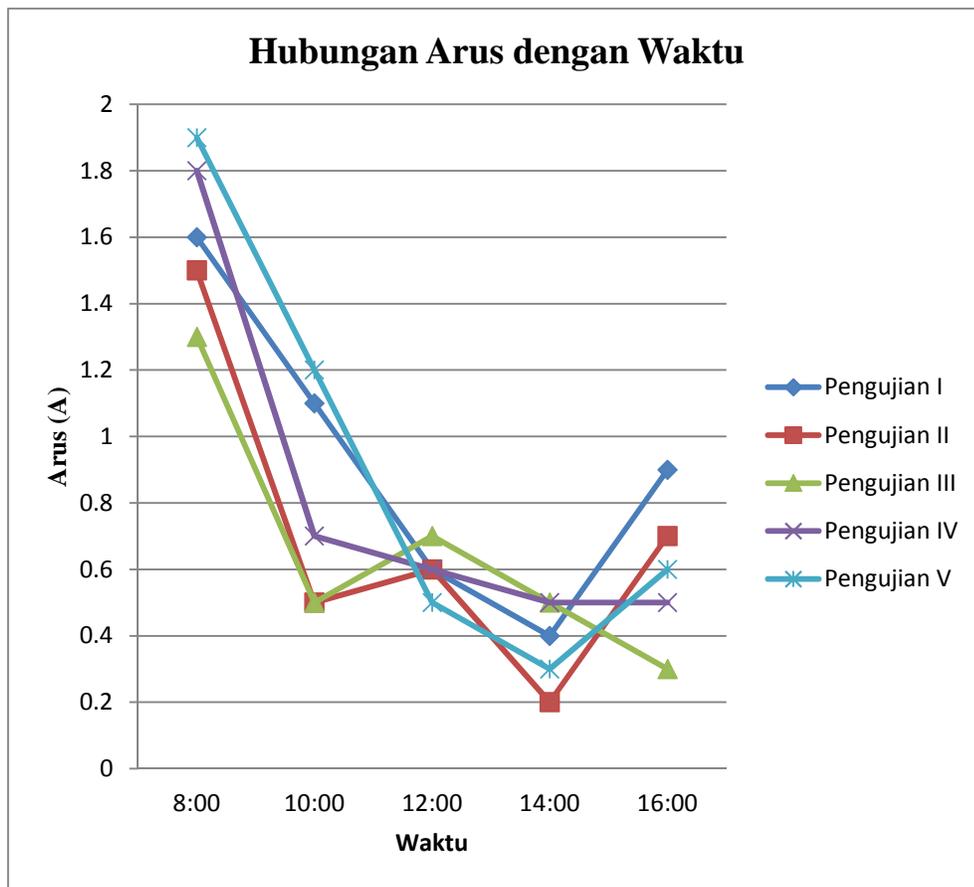
Tabel: 4.2 Pengukur arus pada panel surya dalam keadaan terbeban.

Waktu Pengujian (WIB)	Pengukuran Arus Percobaan					Arus Rata-Rata (A)
	I	II	III	IV	V	
08:00	1.6	1.5	1.3	1.8	1.9	1.62
10:00	1.1	0.5	0.5	0.7	1.2	0.8
12:00	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6
14:00	0.4	0.2	0.5	0.5	0.3	0.38
16:00	0.9	0.7	0.3	0.5	0.6	0.6

Dari hasil yang di peroleh pada tabel 4.2 dapat dilihat perbedaan arus yang di hasilkan oleh panel surya pada setiap pengujian yang dilakukan pada penelitian ini. Arus yang di hasilkan bervariasi dari yang terendah sampai yang tertinggi. Arus tertinggi dicapai pada jam 08.00 dengan rata-rata nilai arus pada semua pengujian

yaitu dengan nilai 1.62 Ampere, sedangkan nilai rata-rata arus terendah dicapai pada jam 14.00 WIB dengan nilai rata-rata 0.38 Ampere.

Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel 4.2 diperoleh hubungan grafik antara arus dengan waktu seperti pada gambar 4.2.



Gambar: 4.2 Grafik hubungan arus terhadap waktu

Gambar 4.2 kurva grafik menunjuk perbedaan arus yang dihasilkan pada setiap pengujian yang dilakukan. Hal ini disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang menyinari panel surya dan juga posisi sudut panel surya. Gambar 4.2

menunjukkan arus yang dihasilkan oleh panel surya tidak stabil pada setiap waktu pengujian yang dilakukan. Kurva yang paling jauh perbedaannya dapat di lihat pada kurva berwarna biru. Kurva warna biru di peroleh dari data pada jam 08:00 WIB.

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

$$P_{in} = V \times I \dots \dots \dots (2.2)$$

Ket:

P_{in} = Daya Masuk (W)

V = Tegangan Panel Surya (V)

I = Arus Panel Surya (I)

Maka didapatkan daya masukan panel surya seperti pada tabel 4.3.

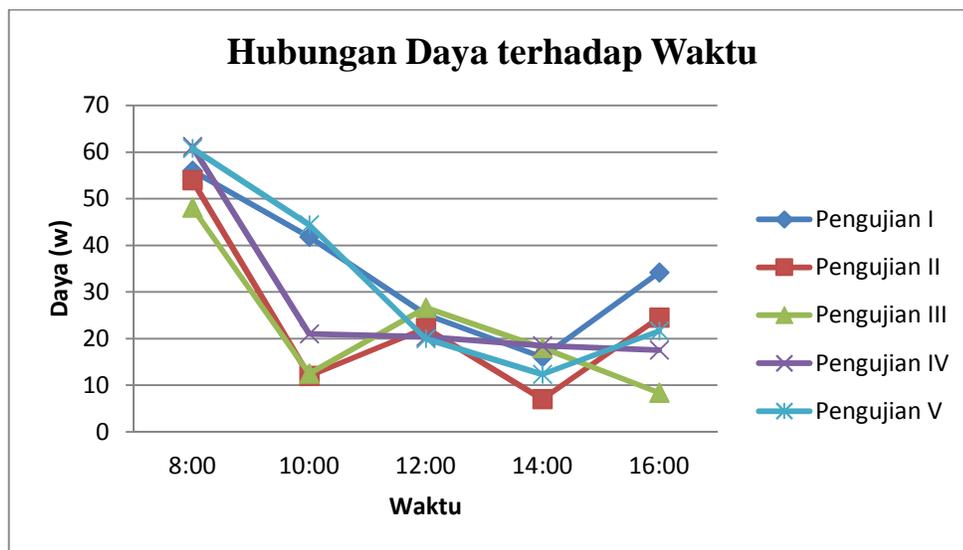
Tabel: 4.3 Perhitungan daya yang dihasilkan panel surya

Waktu Pengujian (WIB)	Perhitungan Daya Percobaan					Daya Rata-Rata (W)
	I	II	III	IV	V	
08:00	56	54	48.1	61.2	60.8	56.02
10:00	41.8	12	12.5	21	44.4	26.34
12:00	25.2	22.2	26.6	20.4	20	22.88
14:00	16	7	18	18.5	12.3	14.36
16:00	34.2	24.5	8.4	17.5	21.6	21.24

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 08.00 WIB dengan nilai rata-rata 56.02 Watt, sedangkan nilai rata-rata daya terendah yang di peroleh pada jam 14.00 WIB dengan nilai rata-rara sebesar 14.36 Watt.

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



Gambar: 4.3 Grafik perhitungan beban terhadap waktu

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 biru dari data yang di peroleh pada jam 08:00 WIB, sedangkan kurva dari pengujian selanjutnya menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu jauh pada setiap pengujiannya, kurva yang di peroleh terlihat berdempetan dengan kurva pada pengujian selanjutnya.

4.2 Efisiensi Panel Surya

Berdasarkan data yang di peroleh dari penelitian pada PLTS, maka dapat ditentukan efisiensi *photovoltaic* yang terpasang pada PLTS.

$$= \frac{P}{P} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

untuk mencari daya keluaran panel surya dapat diperoleh dengan persamaan 2.4:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:

P_{out} : Daya keluaran panel surya (W)

V_{oc} : Tegangan *open circuit* (V)

I_{sc} : Arus *short circuit* (A)

FF : *Fill Factor*

FF (*Fill Factor*) merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari panel surya. Besarnya FF dapat dihitung dengan persamaan 2.5:

$$F = \frac{V \times I_1}{V \times I_2} \text{ atau } F = \frac{P}{V \times I_2} \dots \dots \dots (2.5)$$

Nilai V_{oc} dan I_{sc} sebagaimana yang tertera pada tabel 4.3:

Tabel: 4.4 Nilai V_{oc} dan I_{sc} pada panel surya

V_{oc} (V)	I_{sc} (I)
39	3.1

Berdasarkan data dari penelitian dapat di peroleh efisiensi panel surya seperti uraian dibawah ini:

a. Pengujian I

$$\text{Diketahui : } V_{oc} = 39 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 3.1 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 42 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 1.6 \text{ A}$$

Ditanya : a. FF ?

b. Pout ?

c. ?

$$\text{Jawab : a. } FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{42 \times 1.6}{39 \times 3.1} = \frac{67.2}{120.9} = 0.556$$

$$\text{b. } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 39 \times 3.1 \times 0.556$$

$$= 67.2 \text{ W}$$

$$\text{c. } = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{67.2}{62.5} \times 100\% = 107.52\%$$

b. Pengujian II

$$\text{Diketahui : } V_{oc} = 39 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 3.1 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 37 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 1.5 \text{ A}$$

Ditanya : a. FF ?

b. Pout ?

c. ?

$$\text{Jawab : a. } F = \frac{V \times I_1}{V \times I_2} = \frac{3 \times 1.5}{3 \times 3.1} = \frac{5}{1} = 0.5$$

$$\text{b. } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 39 \times 3.1 \times 0.5$$

$$= 60.45 \text{ W}$$

$$\text{c. } = \frac{6.4}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{6.4}{5} \times 100\% = 107.94\%$$

c. Pengujian III

$$\text{Diketahui : } V_{oc} = 39 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 3.1 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 38 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 1.3 \text{ A}$$

Ditanya : a. FF ?

b. P_{out} ?

c. ?

$$\text{Jawab : a. } F = \frac{V \times I_1}{V \times I_2} = \frac{3 \times 1.3}{3 \times 3.1} = \frac{4}{1} = 0.4$$

$$\text{b. } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 39 \times 3.1 \times 0.4$$

$$= 48.36 \text{ W}$$

$$\text{c. } = \frac{P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{4.3}{6} \times 100\% = 72,17\%$$

d. Pengujian IV

$$\text{Diketahui : } V_{oc} = 39 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 3.1 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 41 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 1.8 \text{ A}$$

Ditanya : a. FF ?

b. Pout ?

c. ?

$$\text{Jawab : a. } F = \frac{V \times I_i}{V \times I_t} = \frac{3 \times 1.8}{3 \times 3.1} = \frac{6}{1} = 0.55$$

$$\text{b. } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 39 \times 3.1 \times 0.55$$

$$= 66.49 \text{ W}$$

$$\text{c. } = \frac{P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{6.4}{6} \times 100\% = 99.23\%$$

e. Pengujian V

$$\text{Diketahui : } V_{oc} = 39 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 3.1 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 41 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 1.9 \text{ A}$$

Ditanya : a. FF ?

b. Pout ?

c. ?

$$\text{Jawab : a. } F = \frac{V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}}}{V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}}} = \frac{4 \times 1.9}{3 \times 3.1} = \frac{7}{1} = 0.64$$

$$\begin{aligned} \text{b. } P_{\text{out}} &= V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}} \times FF \\ &= 39 \times 3.1 \times 0.64 \\ &= 77.37 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{7.3}{6} \times 100\% = 115,47\% \end{aligned}$$

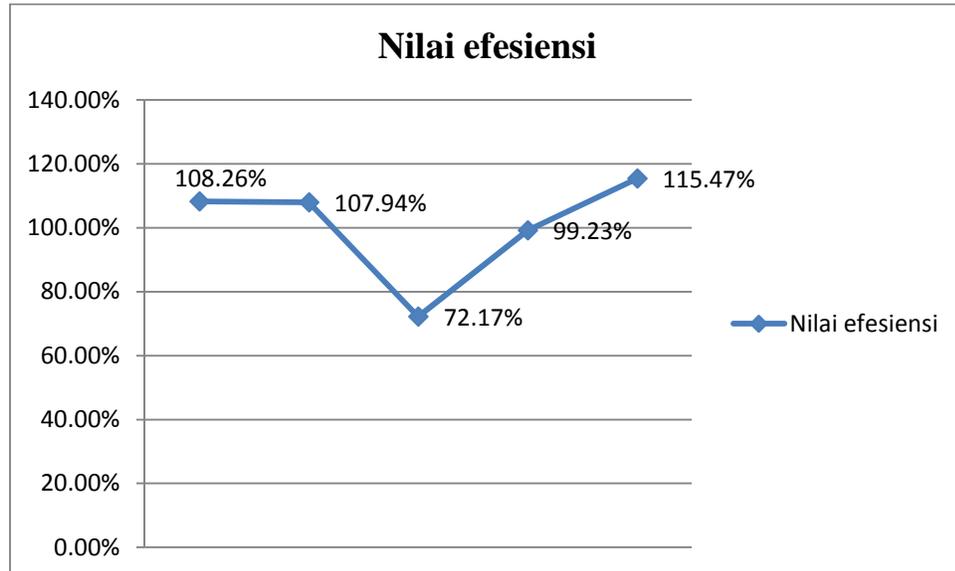
Pada penelitian ini didapatkan nilai efisiensi dari pembangkit listrik tenaga surya. Nilai efisiensi yang dihasilkan pada PLTS menggunakan sistem real time berbasis meikrokontroler ATmega32 berbeda- beda pada setiap pengujiannya. Nilai efisiensi paling tinggi dicapai pada pengujian ke lima dengan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 115.47%, sedangkan nilai efisiensi terendah di peroleh pada pengujian ke tiga dengan nilai efisiensi 72.17%.

Berdasarkan uraian diatas maka di peroleh data pengamatan nilai efisiensi pada penelitian ini seperti pada tabel 4.4.

Tabel: 4.5. nilai efisiensi yang di peroleh pada PLTS

Pengujian	Pout	Pin	Nilai efisiensi
1	72.54	67	108.26%
2	60.45	56	107.94%
3	48.36	67	72.17%
4	66.49	67	99.23%
5	77.37	67	115.47%

Berdasarkan data pengamatan pada tabel 4.4 maka di peroleh grafik perubahan nilai efisiensi pada setiap pengujian seperti pada gambar: 4.4.



Gambar: 4.4 grafik nilai efisiensi pada panel surya

Berdasarkan gambar: 4.4 dapat dilihat perubahan nilai efisiensi yang di peroleh pada panel surya setiap pengujian yang telah dilakukan. Nilai efisiensi yang tertinggi sebesar 115,47% sedangkan nilai efisiensi yang terendah sebesar 72,17%.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang di peroleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. 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. Tegangan maksimum yang di capai pada pengujian sebesar 42 Volt pada jam 12:00 WIB dengan posisi sudut panel surya 90°, sedangkan tegangan terendan yang di peroleh pada pengujian yaitu sebesar 24 Volt pada jam 10:00 WIB dengan posisi panel surya 67°. Arus maksimum yang di capai pada pengujian sebesar 1.9 Ampere, sedangkan arus minimumnya 0.2 Ampere. Pada penelitian di peroleh daya yang di hasilkan dari panel surya. Daya maksimum yang di peroleh yaitu sebesar 56 Watt, sedangkan daya minimum yang di peroleh sebesar 7 Watt. Hasil pengukuran yang di peroleh pada penelitian ini tergantung pada komdisi intensitas matahari dan posisi sudut panel surya yang di sinari matahari.
- b. Nilai efesiensi matahari yang di proleh pada penelitian ini paling tinggi nilai nya sebesar 115.41% , sedangkan yang paling rendah nilainya sebesar 72.17%.

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

- [1] Y. Wiranatha, J. Kusuma, N. Soedjarwanto, A. Trisanto, and D. Despa, "Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16," vol. 9, pp. 11–20, 2015.
- [2] T. H. Boando and S. Winardi, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Pelacak Matahari Menggunakan Arduino," 2007.
- [3] V. Yusiana and H. Matalata, "Perancangan Panel Surya Menggunakan Transistor (2N3055 & MJ2955) Dengan Efek Pantul Sinar Matahari Untuk Optimasi Energi Listrik Yang Dihasilkan," vol. 2, no. 2, pp. 47–53, 2017.
- [4] L. Hamanda and I. Sucahyo, "Pengoimalan penyerapan energi matahari dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan," vol. 06, pp. 46–52, 2017.
- [5] N. Soedjarwanto and O. Zebua, "Sistem Pelacak Energi Surya Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8535," pp. 11–20.
- [6] S. I. Putri1, "Rancang Bangun dan Optimasi Panel Surya Berpenjejak dengan Logika Fuzzy FIS Tsukamoto Suci," vol. 24, no. 2, pp. 50–58, 2016.
- [7] K. W. Fauzi, T. Arfianto, and N. Taryana, "Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System Untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno," vol. 4, no. 1, 2018.
- [8] A. Yani, "Pengaruh Penambahan Alat Pencari Arah Sinar Daya Output Solar Cell," vol. 5, no. 2, pp. 82–87, 2016.
- [9] R. A. Pramudita, E. Kurniawan, and ig. prasety. dwi Wibawa, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Solar Cells 50 Watt On Input Micro controller PWM DC-DC Converter Output," vol. 3, no. 3, pp. 4235–4244, 2016.
- [10] K. Resi, "Pembuatan Penggerak Panel Surya untuk Mengikuti Gerak Matahari dengan Menggunakan Logika Fuzzy," vol. 5, no. 1, pp. 47–56, 2013.
- [11] I. Winarno and L. Natasari, "Maximum Power Point tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb And Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis," no. November, pp. 1–2, 2017.
- [12] I. P. Irawan and A. Ansori, "Analisis Sistem Kontrol Solar Cell Dengan ACUAN Pergerakan Matahari Berbasis Sensor LDR (Light Dependent Resistor)," pp. 419–426.
- [13] A. Shodiqin and A. Yani, "Analisa Charging Time Sistem Solar Cell," vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2016.

- [14] S. I. Putri, H. Suyono, and N. Hasanah, "Rancang Bangun dan Optimasi Panel Surya Berpenjejak dengan Logika Fuzzy Takagi- Sugeno," vol. 8, no. 1, pp. 85–92, 2014.
- [15] R. Syafrialdi and Wildian, "Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Dengan Sensor LDR Dan Penampil LCD," vol. 4, no. 2, pp. 113–122, 2015.
- [16] abimanyu guntur Wicaksana, Karnoto, and B. Winardi, "Analisa Pengaruh Perubahan Temperatur dan Irradiasi Pada Tegangan, Arus dan Daya Keluaran PLTS Terhubung Grid 380 V," *ISSN*, vol. 6, 2016.
- [17] A. Hafid, Z. Abidin, S. Husain, and R. Umar, "Analisa pembangkit listrik tenaga surya pulau balang lombo," vol. 14, pp. 6–12, 2017.
- [18] B. Yuwono, "Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51," Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2005.
- [19] A. Samosir, "pemanfaatan PLTS untuk daya mesin pengering kopi."
- [20] Hermawansa, A. Susanto, and B. Indrevaleco, "Perancangan dan Pembuatan Mesin Perontok Padi Berbasis Mikrokontroler ATMega32," vol. 13, no. 1, pp. 18–26, 2017.
- [21] E. Mulyana, *Teknik Energi Surya*. 2018.
- [22] Rusman, "Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 WP," vol. 4, no. 2, 2015.
- [23] S. Nurharsanto and A. Prayitno, "Sun Tracking Otomatis Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," vol. 4, pp. 1–6, 2017.

Lampiran



Gambar kerangka untuk penyangga panel surya



Gambar PLTS belum lengkap



a



b



c



d

gambar : a) posisi panel surya jam 10.00 WIB. b) Posisi panel surya jam 12.00 WIB

c) posisi panel surya jam 14.00 WIB. d) posisi panel surya jam 16.00 WIB.



Gambar rangkaian kontrol



Gambar PLTS lengkap

BIODATA PENULIS



I. Data Pribadi

Nama : Candra Saputra
Tempat/Tgl Lahir : Kauman / 20 Maret 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Nama Ayah : Ardinal
Nama Ibu : Astuti
Email : Candrasanasution@gmail.com

II. Riwayat Pendidikan

Jenjang Pendidikan	Tahun
TK Darma Wanita Kauman	2001 - 2002
SDN 07 Kauman	2002 - 2008
SMP N 1 Rao Selatan	2008 - 2011
SMA N 1 Padang Gelugur	2011 - 2014
S1 Teknik Elektro UMSU	2014 - 2019

III. Riwayat Organisasi

Jenjang Pendidikan	Tahun
Darul Arqam Dasar PK IMM FATEK UMSU	2014/2015
Sekretaris Bidang Medkom PK IMM FATEK UMSU	2015/2016
Katua Bidang Keilmuan PK IMM FATEK UMSU	2016/2017