

**ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI SEL SURYA STATIS
DENGAN ENERGI SEL SURYA DINAMIS
MENGUNAKAN DATA LOGGER BERBASIS ARDUINO UNO R3**

SKRIPSI

Oleh:

LAILY NUR WAHIDAH

NIM. 14640044



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

**ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI SEL SURYA STATIS
DENGAN ENERGI SEL SURYA DINAMIS
MENGUNAKAN DATA LOGGER BERBASIS ARDUINO UNO R3**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

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

Oleh:

**LAILY NUR WAHIDAH
NIM. 14640044**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI SEL SURYA STATIS
DENGAN ENERGI SEL SURYA DINAMIS
MENGUNAKAN DATA LOGGER BERBASIS ARDUINO UNO R3**


SKRIPSI

Oleh:
Laily Nur Wahidah
NIM. 14640044

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal 5 Januari 2019

Pembimbing I,

Pembimbing II,


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


Erika Rani, M.Si
NIP. 19810613 200604 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 00



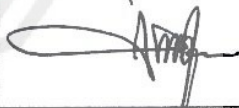
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI SEL SURYA STATIS DENGAN ENERGI SEL SURYA DINAMIS MENGUNAKAN DATA LOGGER BERBASIS ARDUINO UNO R3

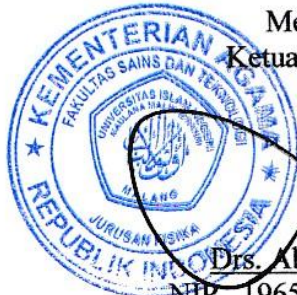
SKRIPSI


Oleh:
Laily Nur Wahidah
NIM. 14640044

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 14 Januari 2019

Penguji Utama :	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji :	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Sekretaris Penguji :	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji :	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika




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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Laily Nur Wahidah

NIM : 14640044

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian: Analisis Perbandingan Eergi Sel Surya Statis dengan Energi Sel Surya Dinamis menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Uno R3

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak dapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 5 Januari 2019
Yang Membuat Pernyataan,



Laily Nur Wahidah

Laily Nur Wahidah
NIM. 14640044

MOTTO

وَلَا تُكَلِّفُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا وَلَدَيْنَا كِتَابٌ □ يَنْطِقُ بِالْحَقِّ وَهُمْ لَا يُظْلَمُونَ ٦٢

Artinya

“Kami tiada membebani seseorang melainkan menurut kesanggupannya, dan pada sisi Kami ada suatu kitab yang membicarakan kebenaran, dan mereka tidak dianiaya”(QS Al-Mukminun: 62).

“Yakinlah, ada sesuatu yang menantimu setelah banyak kesabaran (yang kau jalani), yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit.” (Ali Bin Abi Thalib)

Kita bisa karena terbiasa, jika kita tidak membiasakan maka tidak akan bisa.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan kepada orang tua tercinta: Khoirul Anam yang telah memberikan motivasi untuk saya dan Isticharoh, S.Pd.PAUD.



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat, nikmat, taufiq, hidayah serta inayah-NYA. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, juga kepada segenap keluarga, para sahabat, serta umat beliau. Penulis mengucapkan sebanyak-banyaknya terimakasih kepada segenap orang tua ayah **Khoirul Anam**, ibu **Isticharoh** yang telah membimbing, menuntun, mendoakan, mendukung tiap langkah menuju sukses dunia akhirat dengan iringan penuh kasih sayang tanpa batas. Serta tak lupa pula penulis berterimakasih kepada sang adik **M. Rezi Al-Badar** yang selalu setia mendoakan.

Terimakasih juga ditunjukkan kepada segenap para sahabat **Mayang Fauni**, **Ainur Rizza**, **Eva Nawangwulan**, **Arum Sinda Santika**, **Alvi Hasanati**, **Maria Ulfa** yang telah membantu dan melewati segala macam bentuk kesulitan yang dihadapi. Serta rekan **ELINS 14** (Adelita Putri, Yusyanti, Ismatul Fuadah, Aulia Rahmatul, M. Fajrul Falah, A. Fais Sanusi) yang telah membagikan banyak ilmu dan pengajaran baik dalam konteks fisika maupun luar konteks fisika. Tak lupa pula terimakasih banyak kepada seluruh keluarga **FISIKA UIN 14** yang sedikit banyak membantu dan berbagi pengalaman.

Terimakasih juga ditunjukkan kepada Bpk **Farid Samsu Hananto, M.T** selaku dosen pembimbing I, Bu **Erika Rani, M.Si** selaku dosen pembimbing II, Bpk **Ahmad Abtokhi, M.Pd** selaku dosen penguji II, Bpk **Abdul Basid, M.Si** selaku dosen penguji I, Bpk **Irjan, M.Si** selaku dosen wali, **Mas Rahmat**, Ibu **Nurun Nayyiroh**, Mas **Kusairi** selaku Laboran dan Mas **Reza** selaku Admin Jurusan Fisika. Tak lupa pula terimakasih kepada seluruh dosen fisika yang telah membimbing dan mengamalkan ilmunya kepada kami.

Terakhir kepada partner skripsi Mas **M. Ulin Nuha**, Mas **Misbahul Munir**, **Yusyanti**, **Fais Sanusi** serta teman seperjuangan **Mayang Fauni** dan **Ainur Rizza**. Serta kepada seluruh panutan sang penulis (Liza Choirun Nisa, Atiza Fajrin, Fika Agalia, Ain El-Fuadi, Santia Irawati).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan hidayah_Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, juga kepada segenap keluarga, para sahabat, serta umat beliau. Atas ridho Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Analisis Perbandingan Energi Sel Surya Statis dengan Energi Sel Surya Dinamis Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Uno R3”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan untuk sempurnanya penulisan ini. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat memberikan manfaat dalam penambahan wawasan dan keilmuan bagi penulis khususnya dan kepada pembaca pada umumnya. Dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, semangat dan pemikiran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Abd. Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T selaku Pembimbing Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Erika Rani, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.

6. Bapak dan Ibu tercinta serta segenap keluarga yang tiada henti-hentinya mendo'akan, memberi kepercayaan dan memberikan motivasi baik secara moril maupun materil.
7. Teman-teman Fisika angkatan 2014 yang selalu kami jadikan inspirasi dan motivasi di setiap langkah.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah ikut memberikan bantuan dalam pengerjaan proposal penelitian

Semoga Allah membalas kebaikan mereka semua dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia dan di akhirat. Saya menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan demi kemajuan bersama. Kami berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan menambah hazanah ilmu pengetahuan.

Malang, 5 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II KAJIAN TEORI	
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	7
2.2 Energi dan Daya Listrik	12
2.3 <i>Solar Cell</i>	13
2.4 Arduino Uno R3	17
2.5 <i>Data Logger</i>	19
2.6 Sensor Tegangan	22
2.7 Modul RTC DS3107	23
2.8 Modul Sensor MAX471	24
2.9 Kaitan Data Logger Energi Surya dan Arduino	25
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Jenis Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.3.1 Perangkat Keras	26
3.3.2 Perangkat Lunak	27
3.4 Langkah Kerja Penelitian	27
3.5 Perancangan Alat	28
3.5.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	29
3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	31
3.6 Teknik Pengambilan data	32
3.7 Pengolahan, Analisis Data dan Hasil Energi	32
3.8 Unjuk Kerja	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	36

4.1.1 Pengujian Sensor Tegangan	38
4.1.2 Pembuatan Sistem <i>Data Logger</i>	39
4.1.3 Pengujian RTC DS3107	41
4.1.4 Pengujian Modul Sensor MAX471	42
4.1.5 Peancangan Keseluruhan Alat Ukur Monitoring Panel Surya.....	43
4.2 Pengambilan Data	45
4.2.1 Hasil Pengujian Panel Surya Statis dan Panel Surya Dinamis	46
4.2.2 Hasil Perbandingan Arus dan Tegangan Panel Surya Dinamis	50
4.2.3 Hasil Perbandingan Arus dan tegangan Panel Surya Statis	52
4.2.4 Hasil Perbandingan Energi Panel Surya Dinamis dan Statis	53
4.2.5 Perhitungan prosentase Error nilai energi	53
4.3 Pembahasan.....	54
4.4 Integrasi Ayat Al-quran.....	57
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik pada Panel Surya	14
Gambar 2.2	Module Panel Surya	16
Gambar 2.3	Arduino Uno R3	18
Gambar 2.4	<i>SD Card Module</i>	20
Gambar 2.5	Kerangka <i>SD Card Module</i>	21
Gambar 2.6	Skema Rangkaian Modul Tegangan.....	23
Gambar 2.7	Modul RTC DS3107.....	24
Gambar 2.8	Modul MAX471	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2	<i>Hardware</i> Pengukuran.....	29
Gambar 3.3	Pijakan Panel Surya.....	30
Gambar 3.4	Diagram Alir <i>Hardware</i>	31
Gambar 3.5	Diagram Blok Unjuk Kerja Alat.....	34
Gambar 4.1	Rangkaian Modul Tegangan.....	39
Gambar 4.2	Sketch Sensor Tegangan.....	39
Gambar 4.3	Rangkaian <i>SD Card Modul</i>	40
Gambar 4.4	<i>Sketch SD Card Module</i>	40
Gambar 4.5	Rangkaian RTC DS3107	41
Gambar 4.6	Sketch RTC DS3107	42
Gambar 4.7	Rangkaian MAX471	42
Gambar 4.8	Sketch modul MAX 471	43
Gambar 4.9	Skema Keseluruhan Alat Ukur	45
Gambar 4.10	Alat Ukur	45
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan <i>Output</i> (P) Panel Surya Dinamis dan Statis Tanggal 17 Desember 2018	48
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Perbandingan Hasil Waktu dengan <i>Output</i> Daya Panel Surya Dinamis dan Statis Tanggal 18 Desember 2018	49
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan <i>Output</i> (P) Panel Surya Dinamis dan Statis Tanggal 22 Desember 2018	49
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan <i>Output</i> (P) Panel Surya Dinamis dan Statis Tanggal 23 Desember 2018	50
Gambar 4.15	Hubungan V dengan I Tanggal 17 Desember 2018	50
Gambar 4.16	Hubungan V dengan I Tanggal 18 Desember 2018	51
Gambar 4.17	Hubungan V dengan I Tanggal 22 Desember 2018	51
Gambar 4.18	Hubungan V dengan I Tanggal 23 Desember 2018	51
Gambar 4.19	Hubungan V dengan I Tanggal 17 Desember 2018	52
Gambar 4.20	Hubungan V dengan I Tanggal 18 Desember 2018	52
Gambar 4.21	Hubungan V dengan I Tanggal 22 Desember 2018	52
Gambar 4.22	Hubungan V dengan I Tanggal 23 Desember 2018	53
Gambar 4.23	Hasil Perbandingan Energi Panel Surya Statis dan Panel Surya Dinamis	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Produk Panel Surya 20 Wp.....	16
Tabel 2.2	Spesifikasi Produk Arduino Uno R3.....	18
Tabel 2.3	Spesifikasi Produk <i>SD Card Module</i>	22
Tabel 3.1	Data Pengukuran Panel Surya Dinamis	32
Tabel 3.2	Data Pengukuran Panel Surya Statis	33
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 17 Desember 2018.....	46
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 17 Desember 2018.....	46
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 18 Desember 2018.....	46
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Status Tanggal 18 Desember 2018.....	47
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 22 Desember 2018.....	47
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 22 Desember 2018.....	47
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 23 Desember 2018.....	47
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 23 Desember 2018.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Data Penelitian Tanggal 17 Desember 2018
- Lampiran 2 Tabel Data Penelitian Tanggal 18 Desember 2018
- Lampiran 3 Tabel Data Penelitian Tanggal 22 Desember 2018
- Lampiran 4 Tabel Data Penelitian Tanggal 23 Desember 2018
- Lampiran 5 Data Nilai Error Panel Surya Dinamis Tanggal 17 Desember 2018
- Lampiran 6 Data Nilai Error Panel Surya Statis Tanggal 17 Desember 2018
- Lampiran 7 Data Nilai Error Panel Surya Dinamis Tanggal 18 Desember 2018
- Lampiran 8 Data Nilai Error Panel Surya Statis Tanggal 18 Desember 2018
- Lampiran 9 Nilai Prosentase Error Dinamis
- Lampiran 10 Nilai Prosentase Error Statis
- Lampiran 11 Sketch Pemrograman
- Lampiran 12 Proses Pengambilan Data



ABSTRAK

Wahidah, Laily Nur. 2018. **Analisis Perbandingan Energi Sel Surya Dinamis dengan Sel Surya Statis menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Uno R3**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M. T (II) Erika Rani, M.Si

Kata Kunci : Energi panel surya, *Data logger*, Mikrokontroler Arduino Uno R3.

Energi surya merupakan energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan panel surya. *Data logger* (perekam data) digunakan untuk monitoring data arus dan tegangan panel surya dinamis dan statis yang bersifat *realtime* yang dipantau secara simultan, secara umum perekam data terdiri dari mikrokontroler, sensor dan media penyimpanan. Penelitian ini bertujuan membuat alat ukur menggunakan arduino uno sebagai basis data dari panel surya dan menganalisis hasil perbandingan panel surya statis dan dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil energi yang dihasilkan panel surya berbeda-beda, karena intensitas matahari yang rendah. Hasil analisis *output* energi dan hasil perbandingan antara penggunaan sel surya statis yang dipasang tegak lurus dengan sel surya dinamis menjelaskan bahwa hasil *output* panel surya dinamis lebih besar dari panel surya statis. Prosentase energi yang dihasilkan panel surya dinamis dan statis hari ke 1 sebesar 119.551% Joule, hari ke 2 sebesar 137.182% Joule, hari 3 sebesar 115.15% Joule, dan hari ke 4 sebesar 108.008% Joule%.

ABSTRACT

Wahidah, Laily Nur. 2019. **Comparative Analysis on Dynamics & Statics Energy of Solar Cels Using Data Loggers Based on Ardino Uno R3**. Minithesis. Department of Physics faculty of Science and Technology State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Counselor: (1) Farid Samsu Hananto, M. T (II) Erika Rani, M.Si

Keywords:*Energy Sollar Cell, Data Logger, Microcontroller Arduino Uno R3*

Solar energy is energy that is in the form of light and heat from the sun. This energy can be utilized by using solar panels. Data logger (data recorder) is used to monitor the dynamics and statics solar current and voltage panel data which is the basic real time monitored simultaneously. The data recorder consists of a microcontroller, sensors and storage media. This study aims to construct the measuring instrument using Arduino Uno and to analyze the output data of statics and dynamics solar panels. The results showed that the energy produced by solar panels was different due to the low received intensity of the sunlight. The results of the power output analysis and data from static solar cells mounted perpendicular to dynamic solar cells. Based on the analysis data, it obtained that the output energy of dynamic solar panels was better than static solar panels. Prosentae Energy produced by dynamic and static solar panels at day 1, day 2, and day 3 was 119.551% Joule, 137.182% Joule, 115.15% Joule, and 108.008% Joule, respectively.

ملخص البحث

واحدة، ليلي نور. ٢٠١٨. تحليل مقارنة الطاقة الشمسية الديناميكية مع الخلايا الشمسية الثابتة باستخدام مسجل البيانات على أساس اردوينو أونو R3. البحث الجامعي. قسم الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (١) فريد سامسو حناط الماجستير، (٢) ايريكاراني الماجستير.

الكلمات المفتاحية: الكلمة الاساسية: طاقة الألواح الشمسية، مسجل البيانات، اردوينو أونو R3 متحكم.

الطاقة الشمسية هي واحدة من الطاقات التي يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية، وهي الألواح الشمسية. في حين أن طاقة الألواح الشمسية تعتبر مورداً مهماً جداً لجميع أشكال الحياة، مع الأخذ بعين الاعتبار انخفاض مصدر الطاقة الأحفوري. لذلك فإن أخذ الحد الأقصى لامتصاص الطاقة من الألواح الشمسية. يتم استخدام مسجلات البيانات (مسجلات البيانات) لمراقبة بيانات تلوحة التيار والجهد الكهرومغناطيسية والثابتة التي تتم مراقبتها في الوقت نفسه بشكل متزامن، وبوجه عام، يتألف مسجل للبيانات من متحكم دقيق وأجهزة استشعار ووحدات تخزين. تم في هذا الدراسة إلى جعل أدوات القياس باستخدام Arduino Uno كقاعدة بيانات للألواح الشمسية وتحليل نتائج المقارنة بين الألواح الشمسية الساكنة والديناميكية. يتم إجراء هذا الأسلوب البحثي وأمنحلاً إجراء جهاز قياس لمراقبة الكشف عن الجهد والتيار لكل من الألواح الشمسية التي تندخل بعد ذلك مسجلات البيانات في شكل ملف txt كل ١٠ ثوانٍ ويتم حفظها تلقائياً في بطاقة SD. وأظهرت النتائج أن الطاقة التي تنتجها الألواح الشمسية لا تختلف كثيراً، لأنهم جميعاً ينفقون نفس المبلغ من الطاقة. توضح نتائج تحليل آخر للطاقة ونتائج المقارنة بين استخدام الخلايا الشمسية الثابتة المتعامدة مع الخلايا الشمسية الديناميكية أن خلايا الألواح الشمسية الديناميكية أكبر من الألواح الشمسية الثابتة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, dari kebutuhan yang sifatnya mendasar hingga kebutuhan yang sifatnya komersial. Meningkatnya kebutuhan listrik di Indonesia tidak sebanding dengan meningkatnya ketersediaan sumber energi yang tiap tahunnya menurun sehingga dapat mengakibatkan kurang maksimalnya pemenuhan kebutuhan energi.

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2009) cadangan energi minyak Indonesia hanya dapat diproduksi atau akan habis dalam kurun waktu 22.99 tahun, gas selama 58.95 tahun dan batubara selama 82.01 tahun. Hasil perhitungan menggunakan asumsi bahwa tidak ditemukan lagi ladang baru sebagai sumber energi fosil. Meningkatnya jumlah penduduk juga salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia. Upaya untuk menanggulangi keterbatasan energi yang saat ini masih ketergantungan terhadap energi fosil yaitu dengan cara mencari sumber energi alternatif sebagaipengganti bahan bakar fosil. Hal ini dikarenakan fosil merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbarui sehingga lambat laun fosil tersebut akan berkurang. Terjadinya pemutusan aliran listrik secara sementara dan pembagian energi listrik secara bergilir juga merupakan salah satu dampak dari keterbatasan energi listrik yang dapat disalurkan oleh PLN, sehingga diciptakan sebuah inovasi

mengenai energi yang ramah lingkungan dan dapat dikonsumsi secara masal (Syahrial, 2012)

Salah satu inovasi peningkatan kebutuhan energi yaitu dengan caramemanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik, atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang diperoleh melalui sistem photovoltaic. Quaschnig (2005 dalam Yohana, 2012) Photovoltaic terdiri dari kata *photo* yang berasal dari kata Yunani artinya cahaya, sedangkan *voltaic* diambil dari nama Alenso Volta (1745-1827), seorang pelopor dalam pengkajian mengenai listrik. *Photovoltaic* diartikan sebagai listrik-cahaya, biasanya *photovoltaic* lebih sering disebut sebagai *sollar cell* atau sel surya karena energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya berasal dari sinar cahaya matahari.

Matahari merupakan salah satu bintang yang mempunyai berbagai manfaat bagi kelangsungan seluruh makhluk hidup yang ada di bumi. Di Indonesia sendiri pemanfaatan matahari sebagai sumber energi belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa sangat berpotensi untuk mengeksplorasi cahaya matahari ini menjadi sumber energi. Intensitas energi radiasi matahari yang jatuh di Indonesia rata-rata sebesar 4,5 kWh/m² per-hari (Sudrajat, 2007).

Telah dijelaskan dalam Firman Allah dalam surat Ibrahim [14]:33.

﴿وَالنَّهَارَ اللَّيْلَ لَكُمْ وَسَخَّرْنَا آيِبِينَ وَالْقَمَرَ الشَّمْسَ لَكُمْ وَسَخَّرَ

” Dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu matahari dan bulan yang terus menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan bagimu malam dan siang”.

Isyarahayat di atas menjelaskan bahwa Allah menurunkan rahmat-Nya dalam bentuk cahaya yang dapat menghidupi semua makhluk. Allah SWT juga tidak segan-segan menurunkan ilmu yang berlimpah kepada seluruh manusia untuk bisa memanfaatkan dan mengembangkan hasil bumi. Maka dari itu dengan adanya cahaya tersebut dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, sebagai contoh pembangkit listrik tenaga surya yang bisa menghasilkan suatu energi dan nantinya akan dapat dimanfaatkan oleh seluruh umat manusia.

Allah SWT menjelaskan bahwa dia adalah cahaya yang menerangi langit dan bumi dengan menaburkan kepadanya ayat-ayat *kauniyah* yang diturunkan kepada Rasul-Nya sebagai dalil atas wujud, ke-Esaan dan seluruh sifat-Nya (Tafsir Al-Maraghi, 1989).

Sel surya atau *photovoltaic* merupakan sebuah alat semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian *diode* tipe p dan n terbuat dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Hal ini dikarenakan sel surya merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek *photovoltaic* untuk merubah energi tersebut. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegan 0,5 volt. Pada sel surya terdapat sambungan (*junction*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang

masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (negatif).

Pande (2016) menjelaskan tentang pembuatan sistem yang dirancang untuk monitoring *output* dan pencatatan data pada panel surya menggunakan mikrokontroler arduino adalah suatu alat yang digunakan untuk memonitoring dan mencatat *output* dari panel surya. Biasanya dalam memonitoring panel surya dilakukan dengan alat ukur manual dan mencatat hasil pengukuran secara manual yang tentunya memerlukan tenaga manusia yang lebih banyak.

Elsa (2009) menjelaskan tentang perancangan suatu sistem monitoring daya listrik pada fotovoltaik secara *real time*, dimana salah satu cara yang efektif dan efisien untuk memantau hasil daya. Semua proses pengukuran tegangan dan arus yang berlangsung dapat dipantau secara saksama. Penelitian ini dibahas suatu sistem monitoring dengan memanfaatkan mikrokontroler ATmega dan komputer. Dan perangkat lunak yang dipakai adalah bahasa *basic* untuk *mikrokontroller*, Borland Delphi 6.0 untuk proses data dan tampilan, Microsoft acces untuk manajemen *database*.

Megenai kajian masalah dan solusi yang pernah dibuat sebelumnya, penulis membuat karya dengan judul “Analisis Perbandingan Energi Sel Surya Statis dengan Sel Surya Dinamis menggunakan *Data Logger* Berbasis Arduino Uno R3”berlandaskan atas pemenuhan energi matahari di Indonesia yang cukup sehingga banyak memanfaatkan panel surya sebagai sarana pembangkit listrik. Panel sel surya yang terpasang selama ini masih bersifat statis (tidak mengikuti pergerakan matahari) atau juga biasanya disebut permanen. Meninjau kondisi ini

maka panel sel surya tidak dapat menangkap secara maksimal pancaran sinar matahari sepanjang siang hari karena hanya dapat menyerap panas matahari dimana panel surya tersebut menghadap, akibatnya energi listrik yang dibangkitkan tidak maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana fungsi mikrokontroler arduino untuk *data logger* energi yang dihasilkan oleh sistem sel statis yang dipasang horizontal dan sistem sel surya dinamis?
2. Bagaimana perbandingan hasil daya dan energi sel surya statis yang dipasang tegak lurus terhadap matahari dan sel surya dinamis?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Penggunaan mikrokontroler arduino untuk *data logger* energi yang dihasilkan oleh sistem sel statis yang dipasang horizontal dan sistem sel surya dinamis.
2. Membandingkan hasil daya dan energi sel surya statis yang dipasang tegak lurus terhadap matahari dan sel surya dinamis.

1.4 Manfaat Penelitian

Untuk menghasilkan sistem panel surya yang lebih efisien, memiliki akurasi data, dan mendapat sumber energi yang lebih maksimal.

1.5 Batasan Masalah

1. Menggunakan Arduino Uno dimana memiliki tegangan 5 V, arus DC 50 mA, serta EEPROM 1 KB.

2. Panel surya statis dipasang horisontal sedangkan panel surya dinamis mengikuti gerakan matahari.
3. Batas parameter pengukuran hanya pada garis arus (I) dan tegangan (V) yang dihasilkan oleh sistem, sehingga tidak sampai pada parameter pengukuran intensitas matahari.



BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *photovoltaic* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Adapun *Photovoltaic* (panel sel surya) prinsip dasarnya dapat mengubah secara langsung energi cahaya yang berasal dari matahari menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Panel surya terdiri dari beberapa modul surya yang dijadikan satu dan juga dihubungkan menggunakan cara paralel dan seri. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin yang dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik tertentu dengan menggerakkan mesin kalor. Jadi panas yang terkonsentrasi dapat digunakan sebagai sumber panas, sehingga bisa dijadikan sebuah pembangkit untuk menggerakkan suatu generator (Hamdani, 2011).

Sistem kerja PLTS dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor temperatur, faktor intensitas cahaya matahari, faktor lingkungan, serta faktor kondisi cuaca lingkungan. Indonesia mengalami 2 perubahan iklim yaitu musim kemarau dan musim hujan, sehingga cukup efisien untuk penggunaan PLTS. Akan tetapi PLTS saat ini belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai sumber energi, padahal letak Negara Indonesia berada di daerah khatulistiwa yang sangat berpotensi mengeksplorasi cahaya matahari ini menjadi sumber energi. PLTS merupakan sumber energi terbarukan yang dasarnya sebuah pencatu daya dan

dapat dirancang untuk kebutuhan listrik yang kecil sampai kebutuhan listrik yang besar. Baik secara *hybrid*(dikombinasikan dengan energi lain), metode desentralisasi (1 rumah 1 pembangkit), maupun metode sentralis (listrik didistribusikan dengan jangkauan kabel).

PLTS atau enegi surya juga biasanya disebut energi matahari yang mempunyai intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi bergantung pada jarak antara matahari dan bumi. Karena posisi matahari dan bumi berevolusi, maka tiap tahunnya jarak antar keduanya bervariasi antara $1,47 \times 10^8$ km dan $1,52 \times 10^8$ km dan hasilnya besar pancarana E_0 naik turun antara 1325 W/m^2 sampai 1412 W/m^2 . Nilai rata-rata yang disebut sebagai konstanta matahari dengan nilai $E_0 = 1367 \text{ W/m}^2$. Pancaran tersebut tidak dapat mencapai sampai ke permukaan bumi. Akan tetapi ketika cuaca bagus pada siang hari, pancaran bisa mencapai 1000 W/m^2 dipermukaan bumi (Wibowo, 2009).

Telah dijelaskan dalam Firman Allah surat Ibrahim [14]:33.

﴿وَالنَّهَارَ اللَّيْلَ لَكُمْ وَسَخَّرْنَا آيَاتِنَا وَالْقَمَرَ الشَّمْسَ لَكُمْ وَسَخَّرْنَا﴾

”Dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu matahari dan bulan yang terus menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan bagimu malam dan siang” (Ibrahim [21]:33).

Ayat diatasmenjelaskan bahwa matahari berotasi didalam orbitnya sedangkan bumi juga melakukan pergerakan rotasi dan revolusi yang dinamakan gerak rotasi bumi dan revolusi bumi, sehingga terjadilah siang dan malam. Terjadinya siklus siang dan malam di Negara Indonesia memiliki waktu yang sama, yaitu konstan selama 12 jam siang dan 12 jam malam. Sehingga radiasi matahari yang turun

dipermukaan bumi selama 12 jam cukup untuk memenuhi kebutuhan energi tiap harinya. Ketika cuaca bagus pada siang hari, pancaran bisa mencapai 1000 W/m^2 dipermukaan bumi. Salah satu ke-Esaan Allah adalah diciptakan matahari yang dapat memancarkan cahaya sendiri tanpa bantuan bintang lain untuk dapat menyinari bumi. Jarak rata-rata bumi-matahari bervariasi antara $1,495 \times 10^{11} \text{ km}$ dan $1,52 \times 10^8 \text{ km}$ dengan sudut kecenderungan matahari 32° dan hasil besar pancaran E_0 naik turun antara 1367 W/m^2 sampai 1412 W/m^2 . Sehingga setiap tahunnya ada sekitar $3,9 \times 10^{24} \text{ Joule} = 1,08 \times 10^{18} \text{ kWh}$ dari energi matahari yang mencapai ke permukaan bumi, dapat diperkirakan penggunaan energi 10.000 kali lebih banyak dari hasil dari cahaya matahari yang datang secara optimal. Cahaya matahari yang sampai ke permukaan bumi tersebut yang digunakan sebagai sumber energi bagi seluruh penduduk di bumi.

Kata *nurdalam* bahasa arab adalah cahaya yang dapat dilihat dengan penglihatan. Kata tersebut kemudian digunakan secara *majaz* untuk makna-makna yang benar dan nampak. Menurut satu pendapat, makna firman Allah tersebut adalah, karena Allah dan kekuasaan-Nyalah cahaya-cahaya itu dapat terpancar dan hasilnya dapat terwujud. Ibnu Abbas dan Anas berkata, “makna dari firman Allah diatas tersebut adalah, Allah adalah pemberi petunjuk kepada penduduk langit dan bumi” (Tafsir al-Qurthubi, 2009).

Dalam al-Qur'an terdapat kata *nur* dan *dhiya'* yang kesamaan arti yaitu cahaya. Akan tetapi masih ada perbedaan diantara keduanya, kata *nurdalam* al-Qur'an digunakan sebanyak 33 kali. Sedangkan kata *dhiya'* digunakan sebanyak 3

kali saja yaitu surat Yunus [10]:5, surat al-Anbiya' [21]:48 dan surat al-Qasas [28]:71. Ayat-ayat tersebut yakni:

وَالْحِسَابِ السِّنِينَ عَدَدًا لِّتَعْلَمُوا مَنَازِلَ وَقَدَّرَهُ نُورًا وَالْقَمَرَ ضِيَاءَ الشَّمْسِ جَعَلَ الَّذِي هُوَ
 يَعْلَمُونَ لِقَوْمٍ أَلَيْسَ بِالْحَقِّ إِلَّا ذَلِكَ اللَّهُ خَلَقَ مَا

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan rembulan bercahaya, dan Dialah yang menempatkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui” (Yunus[10]:5).

لِّلْمُتَّقِينَ وَذَكَرْنَا أَوْضِيَاءَ الْفُرْقَانَ وَهَرُونَ مُوسَىٰ آتَيْنَا وَلَقَدْ

“Dan Sesungguhnya telah Kami berikan kepada Musa dan Harun kitab Taurat dan penerangan serta pengajaran bagi orang-orang yang bertakwa” (Al-Anbiya[21]:48).

بِضِيَاءٍ يَأْتِيكُمُ اللَّهُ غَيْرَ إِلَهٍ مِّنَ الْقِيَمَةِ يَوْمَ إِلَىٰ سَرْمَدًا أَلَيْلَ عَلَيْكُمْ اللَّهُ جَعَلَ إِنِّ أَرَأَيْتُمْ قُلَّ
 تَسْمَعُونَ أَفَلَا

“Katakanlah: "Terangkanlah kepadaKu, jika Allah menjadikan untukmu malam itu terus menerus sampai hari kiamat, siapakah Tuhan selain Allah yang akan mendatangkan sinar terang kepadamu? Maka Apakah kamu tidak mendengar?" (Al-Qasas[28]:71).

Penjelasan surat Yunus ayat 5, kata *nur* dan *dhiya* disebutkan secara bersamaan, maka dari ayat inilah kita bisa melihat perbedaannya. Dalam ayat tersebut kata *nur* disebutkan setelah lafad *qamar* (bulan) yang bercahaya, sedangkan kata *dhiya* disebutkan setelah lafad *syams* (matahari) yang bersinar. Ahli tafsir mengartikan *dhiya* diartikan dengan sebagai sinar, sedangkan *nur* diartikan sebagai cahaya. Jadi matahari diartikan sebagai kata *dhiya* yang dikenal dengan kata sinar, contohnya matahari dapat memancarkan sinar, bukan dengan kata cahaya, meskipun pada umumnya menyebutkan sifat matahari dapat

memancarkan cahaya. Dalam konteks sains, bulan memancarkan cahaya lantaran mendapat “*supplay*” cahaya dari matahari, dan diayat tersebut bulan diartikan sebagai kata *nuryang* dikenal dengan kata cahaya. Berdasarkan ayat di atas dapat disimpulkan bahwa *dhiya*’ dan *nuritu* berbeda. *Nur* bermakna cahaya yang merupakan sebuah pantulan, sedangkan *dhiya*’ bermakna sinar yang berasal dari dirinya sendiri. Sesuatu yang bersinar (matahari) sudah pasti akan memancarkan pula cahayanya, tetapi sesuatu yang bercahaya (bulan) belum tentu atau bahkan tidak mampu memancarkan/memberikan sinar dengan baik. Begitu pula pada surat al-Qasas ayat 71 yang menyebutkan pula kata *dhiya*’ sebagai sinar terang.

Makna dari penjelasan tafsir al-Qurthubi diatas ialah Allah telah menurunkan petunjuk untuk seluruh umat yang berupa cahaya yang berasal dari matahari sebagai pemenuhan kebutuhan energi di bumi. Apabila ditinjau dari data statistik minyak dan gas bumi pada tahun 2015, sudah mengalami penurunan pengeboran minyak dititik tertetu. Tidak sebandingnya antara kebutuhan minyak dan pemenuhan kebutuhan energi sehari-hari akan mengakibatkan punahnya Sumber Daya Alam (SDA) di Indonesia akan terus menurun. Sehingga akan bermasalah pemenuhan kebutuhan energi di masa mendatang. Maka Allah menurunkan hidayah dan petunjuk untuk manusia agar dapat memanfaatkan sumber daya matahari yang berupa cahaya.

2.2 Energi dan Daya Listrik

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

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

Sedangkan pada arus DC, daya listrik dihitung menggunakan hukum *joule*. *Joule* diambil dari sebuah nama fisikawan Britania James Joule yang pertama

kali menemukan adanya energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, begitu pula sebaliknya dengan persamaan :

$$\int dw = \int P \cdot dt$$

$$\int dw = P \int dt$$

$$W = P \cdot t$$

$$W = V \cdot I \cdot t \quad (2.1)$$

Dimana P=daya (*watt / W*), I=arus (*ampere / A*), V=perbedaan potensial (*volt / V*)

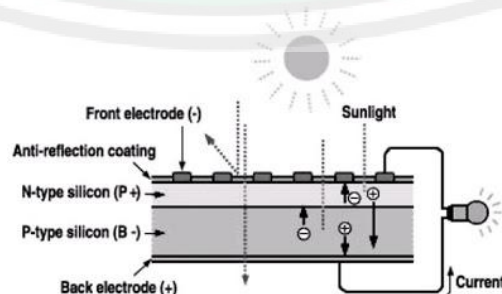
2.3 Solar Cell

Quaschnig(2005 dalam Yohana, 2012) Kata '*photovoltaic*' terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *photos*: cahaya) dan *Volta* (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic* yaitu proses konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu, kata *photovoltaic* biasa disingkat dengan PV. *Photovoltaic* merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek *photovoltaic* untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik tanpa penggunaan dari bagian-bagian mekanis yang bergerak dan tanpa penggunaan bahan bakar. Sedangkan panel surya merupakan sekumpulan *solar cell* yang dijadikan dalam 1 papan elektronik.

Solar cell pertama kali dipergunakan pada tahun 1950 untuk menyediakan energi listrik pada beberapa kendaraan dan sistem satelit komunikasi. *Solar cell* digunakan sebagai alternatif untuk pembangkit listrik karena perangkat ini tidak membutuhkan pemeliharaan dalam periode yang lama (5 sampai 10 tahun)

dan menawarkan ketahanan maksimum tanpa berpengaruh terhadap efisiensi konversi energi. Berbagai keuntungan lain yang diberikan oleh *solar cell* adalah ramah lingkungan, efisien, dapat diandalkan dan mempunyai sumber yang tidak terputus (energi matahari) untuk diubah menjadi energi listrik (Jha, 2010).

Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktorbertype p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang apabila bahan tersebut terkena sinar matahari maka sel surya akan menerima energi dari foton ke elektron yang bergerak bebas pada lapisan tipe n, sehingga dengan adanya pemberian energi tersebut maka elektron bebas yang berada pada lapisan tipe n mempunyai energi tambahan untuk berpindah ke lapisan tipe p. Aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Ketika perubahan energi dari panas matahari ke listrik tersebut sudah terlewati, maka sudah dapat dikonsumsi, akan tetapi perlunya suatu alat untuk melemahkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya agar tidak terjadi *overload* pada sambungan listrik. Panel surya merupakan sekumpulan dari sel surya yang telah dirangkai sedemikian rupa agar dapat dimanfaatkan secara mudah. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar 2.1 (Pruit, D.2001).



Gambar 2.1 Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik pada Sel Surya (Pruit, D.2001)

Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor diode. 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 gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semikonduktormenyebabkan aliran medan listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerap(*absorber*), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari

Teknologi *solar cell* pada generasi pertama terbuat dari silikon monokristalin dan polikristalin. *Solar cell* ini memiliki efisiensi yang cukup tinggi tetapi mahal dalam proses produksinya. *Solar cell* generasi kedua merupakan modifikasi dari *solar cell* generasi pertama yang dibentuk lapisan tipis (*thin film solar cell*). Biaya produksi yang diperlukan pada generasi kedua ini lebih murah jika dibandingkan dengan generasi pertama, hanya saja efisiensinya lebih rendah. Generasi ketiga merupakan *solar cell* organik yang dibuat dengan tujuan untuk menghasilkan efisiensi yang tinggi dengan biaya murah. Karena sel surya generasi ketiga ini terbuat dari bahan organik, maka akan mudah terdegradasi, sehingga performanya akan menurun terhadap waktu (Ludin, 2014).

Rendahnya efisiensi konversi energi panas matahari menjadi energi listrik menyebabkan penggunaan *solar cell* hanya cocok untuk menjalankan sinyal elektronik bertenaga kecil seperti radio, kalkulator dan lain sebagainya. Berbagai penyempurnaan peralatan *solar cell* yang telah dilakukan hanya mampu menaikkan efisiensi sampai 27%. Keadaan ini belum dapat digunakan untuk melayani kegiatan industri yang mengkonsumsi tenaga listrik dalam jumlah besar (Wardhana, 2004).



Gambar 2.2 Module Panel Surya 20 WP (www.guruelektronika.com)

Tabel 2.1 Spesifikasi produk(www.Datasheet.com)

Part Number	53-065
Model	SP-20-P36
Max. Voltage (Vmp)	17,8 V
Max. Current (Imp)	1,13 A
Open Circuit Voltage (Voc)	21,6 V
Short Circuit Current (Isc)	1,21 A
Maximum Power at STC (Pmax)	20 W
Maximum System Voltage	1000 DC (V)
Cell Type	Poly Crystalin
Dimension	490 x 350 x 25 mm
Weight	2 kg
Number oaf Cell	36
Temperature Range	-45° ~ +80° C

2.4 Arduino Uno R3

Banzi (2011 dalam Artanto, 2012) menuliskan bahwa arduino merupakan platform komputasi fisik (*physical computing*) yang *open source* pada *boardinput* sederhana. Definisi *platform*komputasi fisik adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi dunia nyata. Nama arduino tidak hanya digunakan untuk menamai *board* rangkaiannya, tapi juga untuk bahasa dan *software* perogramannya, serta lingkungan pemrogramannya atau disebut sebagai *Integrated Development Environment* (IDE arduino).

Arduino Uno R3 merupakan salah satu sebuah mikrokontroler yang berjenis Atmega 328 (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*). Arduino Uno R3 dapat beroperasi melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (non-USB). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk membuat rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Arduino Uno R3 dilengkapi dengan osilator 16 MHz, regulator (pembangkit tegangan) 5 volt. Pada Arduino Uno R3 dilengkapi dengan konektor USB, konektor catu daya, header ICSP, dan tombol reset, SRAM berukuran 2 KB, *flash memory* berukuran 32 KB dan EPROM untuk menyimpan data. Arduino Uno R3 juga mempunyai sejumlah pin yaitu 0-13 yang merupakan *input* digital dan pin A0-A5 yang merupakan *input* analog. PIN tersebut merupakan sebuah fasilitas yang berfungsi untuk berkomunikasi dengan komputer, piranti elektronik lainnya maupun arduino lain. Ketika digabungkan dengan piranti lainnya, maka akan dibutuhkan sejumlah pemrograman dengan

menggunakan *software* arduino. Pada Gambar 2.3 merupakan bentuk dari mikrokontroler Arduino Uno (Syawil, 2014).



Gambar 2.3 Arduino Uno R3 (Syawil, 2014).

Arduino Uno R3 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328 (*datasheet*). Arduino ini memiliki 14pin *inputdigital/output* (6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, keramik 16 MHzresonator, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi segalanya diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakandengan adaptor AC-ke-DC atau baterai untuk memulai.Uno berbeda dari semua papan sebelumnya karena tidak menggunakan *chip driver* USB-to-serial FTDI.Sebagai gantinya, fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai versi R2) diprogram sebagai USB-to-serialkonverter(<http://www.wecl.com.hk>).

Tabel 2.2 Spesifikasi Produk Arduino Uno R3 (www.Datasheet.com)

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan	5V
Tegangan Input (disarankan)	14 (yang 6 memberikan keluaran PWM)
Tegangan Input (batas)	7-12V
Pin I / O Digital	6-20V
Pin input analog	6
Arus DC per I / O Pin	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA

Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan Jam	16 MHz

Kelebihan arduino uno dibandingkan *platform hardware* mikrokontroler lainnya adalah (Artanto, 2012):

- a. IDE arduino merupakan *multiplatform*, dapat dijalankan diberbagai sistem operasi seperti *windows*, *macintosh*, dan *linux*.
- b. Bersifat *open source*, sehingga pengguna bisa mendownload *software* dan gambar rangkaian tanpa harus membayar ke pembuat arduino
- c. Harganya cukup murah, mudah dikembangkan, serta mudah dipelajari. Sehingga pemula akan lebih cepat dan mudah dalam mempelajarinya

2.5 Data Logger

Data logger merupakan sebuah perangkat elektronik yang dapat mencatat, mengumpulkan dan menyimpan banyak data dari waktu ke waktu yang berkaitan dengan waktu maupun lokasi melalui sensor (alat pendeteksi sesuatu). Secara umum perekam data terdiri dari *mikrokontroller*, sensor, dan media penyimpanan. Salah satu manfaatnya ialah mampu mengumpulkan dan merakam data secara otomatis dalam 24 jam. Membutuhkan suatu *interfacedata logger* untuk dikoneksikan dengan PC agar perangkat tersebut dapat beroperasi. Pengaktifannya menggunakan *software* dari suatu sensor yang nantinya data dapat terekam melalui PC dengan tujuan untuk diamati. *Data logger* mempunyai jenis yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan berdasarkan dengan *datasheet*. Dalam penelitian ini *data logger* dengan menggunakan *sdcard module*. *Sdcard module*

shield ini merupakan piranti elektronika yang dapat dimanfaatkan untuk mentransfer data ke dan dari kartu memori standart. *Sdcard modul* ini mempunyai *pinout* yang secara langsung kompatibel dengan arduino, dan juga bisa dikompatibel dengan *mikrokontroller* lainnya. Data yang sudah terolah dapat secara otomatis tersimpan dalam kartu memori.

Dalam sistem *monitoring* ini terdapat fitur *data logger*, yaitu fitur yang berfungsi sebagai penyimpanan data-data yang diambil dalam penelitian. Kemudian data ini nantinya akan tersimpan di dalam media penyimpanan yaitu *micro sd(Secure Digital)* dengan kapasitas 2 GB. Sistem *monitoring* ini juga dilengkapi dengan RTC DS1307 yang berfungsi untuk menyimpan data secara *kontinu* dan *real time*. RTC merupakan *chip* dengan konsumsi daya rendah. *Chip* tersebut mempunyai kode *binary* (BCD), jam/ kalender, 56byte NV SRAM dan komunikasi antarmuka menggunakan *serial two wire*. RTC menyediakan data dalam bentuk detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, tahun, dan informasi yang dapat diprogram (Zulfikar dkk, 2016).

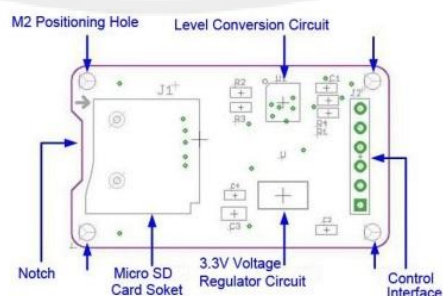


Gambar 2.4 *SdCard Module*(<https://www.instructables.com>).

Micro sdcard ini digunakan untuk mentransfer data ke dan dari kartu *sd* standar. Pin keluar secara langsung kompatibel dengan arduino juga bisa digunakan dengan mikrokontroler lainnya. Ini memungkinkan kamimenambahkan penyimpanan massal dan pencatatan data

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

1. Tegangan Input: 3.3V / 5V.
2. Dengan semua SD SPI Pin *output*: MOSI, SCK, MISO dan CS, untuk koneksi lebih lanjut.
3. Melalui pemrograman, bisa untuk membaca dan menulis ke kartu *sd* menggunakan bahasa arduino.
4. Jadikan aplikasi *sd* Anda lebih mudah dan sederhana.
5. Berkomunikasi dengan Arduino menggunakan antarmuka SPI.
6. *Socket push-pop* dengan kartu sedikit di atas tepi PCB sehingga mudah untuk disisipkan dan dilepas.
7. 4 lubang pemasangan dengan diameter 2.2mm.
8. Gunakan hanya 4 pin I / O di Arduino.
9. Ukuran: 42mm x 25mm x 5mm.



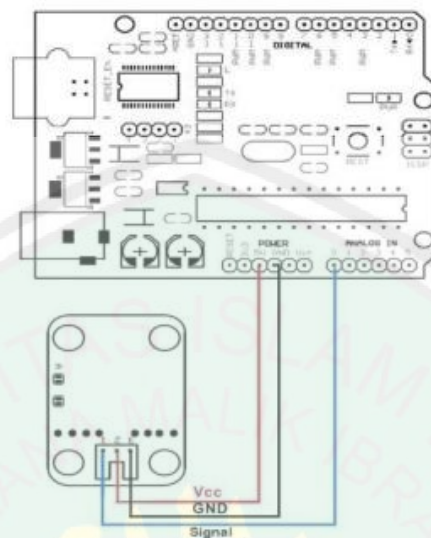
Gambar 2.5 Kerangka *Sd Card Module*(<http://datalogger.pbworks.com>)

Tabel 2.3 Spesifikasi Produk (www.DatasheetSDcard module.com)

<i>Items</i>	<i>Min</i>	<i>Typical</i>	<i>Max</i>	<i>Unit</i>
<i>Voltage Vcc</i>	4,5	5	5,5	V
<i>Current</i>	0,2	80	200	mA
<i>Interface Electrical Potential</i>	3,3 or 5			V
<i>Support Card Type</i>	Micro SD Card (<=2G), Micro SDHC Card (<=32 G)			-
<i>Size</i>	42X24X12			mm
<i>Weight</i>	5			8

2.6 Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan piranti elektronika yang menggunakan prinsip pembagi tegangan. Modul ini didasarkan pada prinsip-prinsip tekanan poin resisten, dan dapat mengurangi tegangan *input* hingga 5 kali dari tegangan asli. Tegangan *input* analog arduino maksimum mikrokontroler adalah 5 V, jadi tegangan input modul ini seharusnya tidak lebih dari 5 x 5 V atau 25 V. *Chip* arduino AVR memiliki 10 bit AD, maka pembacaan resolusi tegangan modul ini sebesar 0,00489 V, karena pembacaan sensor ini hanya bisa dirubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023. Jadi tegangan input pembacaan modul ini harus lebih dari 0,00489 V x 5 = 0,02445 V. Khusus untuk parameter rentang input tegangan DC dari 0 - 25 V, rentang deteksi tegangan DC dari 0.02445 V - 25 V, $Volt = [(Vout \times 0,00489) \times 5]$ dan resolusi analog *voltage* 0,00489 V. Untuk pembacaan tegangan keluaran panel surya, dapat dirumuskan sebagai berikut (www.Data sheet arduino voltage sensor module.com).



Gambar 2.6 Skema Rangkaian Modul Tegangan (www.datasheet.com)

2.7 Modul RTC DS3107

Modul RTC (*Real Time Clock*) DS3107 merupakan sebuah perangkat elektronik yang mempunyai fitur jam/kalender yang memberikan informasi berupa detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun yang secara otomatis akan disesuaikan setiap akhir bulan yang kurang dari 31 hari, termasuk koreksi untuk tahun kabisat. RTC DS1307 berdaya rendah dengan 56 *byte* SRAM yang didukung oleh baterai dan juga beroperasi sebagai perangkat C bus. Perangkat RTC DS1307 dilengkapi dengan 4 pin meliputi, GND (ditanahkan) yang dihubungkan dengan GND pada arduino uno. Vcc sebagai sebuah catu daya utama yang akan dihubungkan dengan pin 5V pada arduino uno, dan jika tegangan yang diterapkan dalam batas normal maka data dapat diakses dibaca dan tertulis, dan jika tegangan yang diterapkan tidak sampai batas normal maka data yang diakses terbaca dan tertulis jadi terhambat. Pin SDA berfungsi untuk *input* /*output* data *serial I2Cinterface*. Pin SCL berfungsi untuk *input* jam dan

digunakan untuk menyingkronkan pergerakan data pada *serial I2Cinterface* (www.Data_sheet_modul_RTCDS307.com).



Gambar 2.7 Modul RTCDS3107

2.8 Modul Sensor MAX471

IC MAX471 merupakan sebuah chip piranti elektronika yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dengan sumber daya menggunakan baterai. MAX471 dapat berkompatibel dengan arduino dengan input 5V. Modul ini memiliki beberapa PIN diantaranya, GND (ditanahkan) dengan semua aliran listrik dihubungkan ke titik yang sama. *V_{out}* untuk dihubungkan ke sisi tinggi beban. *V_{in}* untuk dihubungkan ke kutub positif dari sumber tegangan (dari 5V sampai 25 V). AT menyediakan sinyal 0 V sampai 5 V pada skala 1 V/A dan VT menyediakan sinyal 0 sampai 5 V pada skala 1 V untuk setiap 5 V input. RS+ untuk daya sisi resistor arus internal, tanda “+” menunjukkan arah aliran untuk *output SIGN* yang dihubungkan antara pin 2 dan 3 bersamaan. RS- untuk muatan sisi resistor arus internal, tanda “-” menunjukkan arah aliran untuk *output SIGN* yang dihubungkan antara pin 6 dan 7 bersamaan. Modul ini tidak memerlukan pasokan tegangan khusus, karena sudah dilengkapi dengan fitur suplai tegangan fleksibel untuk bekerja dari 3 V ~ 36 V DC. Dapat mendeteksi arus hingga 3 A,

apabila arus yang dideteksi lebih dari 3 A maka menggunakan 2 modul MAX471 yang rangkai secara paralel (www.MAXIM_Datasheet.com)



Gambar 2.8 Modul Sensor MAX471

2.9 Kaitan Data Logger Energi Surya dan Arduino

Data logger merupakan sebuah perekam data dari waktu ke waktu, secara umum perekam data terdiri dari mikrokontroler, sensor dan media penyimpanan. Sedangkan arduino digunakan untuk sistem kontrol dari keseluruhan sistem dan monitoring kinerja masukan panel surya. Panel surya menghasilkan sebuah arus (I) dan tegangan (V) yang merupakan sebuah indikator sebagai informasi dari daya panel surya, setelah diketahui hasil daya maka dapat dihitung energi panel surya. Seluruh alat tersebut dapat berkaitan karena arduino memiliki kemampuan untuk dapat kompatibel dengan perangkat elektronik lain. Kemudian *data logger* memiliki kemampuan untuk merekam seluruh data yang berkaitan dengan sensor maupun perangkat elektronik lainnya, sehingga data arus (I) dan tegangan (V) dapat terekam secara otomatis pada data logger dengan menggunakan bantuan arduino uno R3 sebagai pengontrolnya. Ketika data arus dan tegangan sudah terekam maka hasil energi dapat dianalisis dengan benar.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Agustus sampai November 2018 yang bertempat di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, dan di luar ruangan untuk pengambilan data

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan berjudul “Analisis Perbandingan Energi Sel Surya Statis dan Dinamis Menggunakan *Data Logger* Berbasis Arduino Uno R3” bersifat eksperimen. Ekperimen merupakan suatu penelitian yang memanipulasi dan mengontrol satu atau lebih variabel bebas dengan suatu cara tertentu, sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel yang diukur.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

3.3.1 Perangkat keras

1. Panel surya 20 wp	2 Buah
2. Arduino uno R3	1 Buah
3. <i>Sd card module</i>	1 Buah
4. <i>Micro sdcard 2 GB</i>	1 Buah
5. Papan PCB	1 Buah
6. Modul tegangan	2 Buah
7. Resistor 100 Ohm	2 Buah

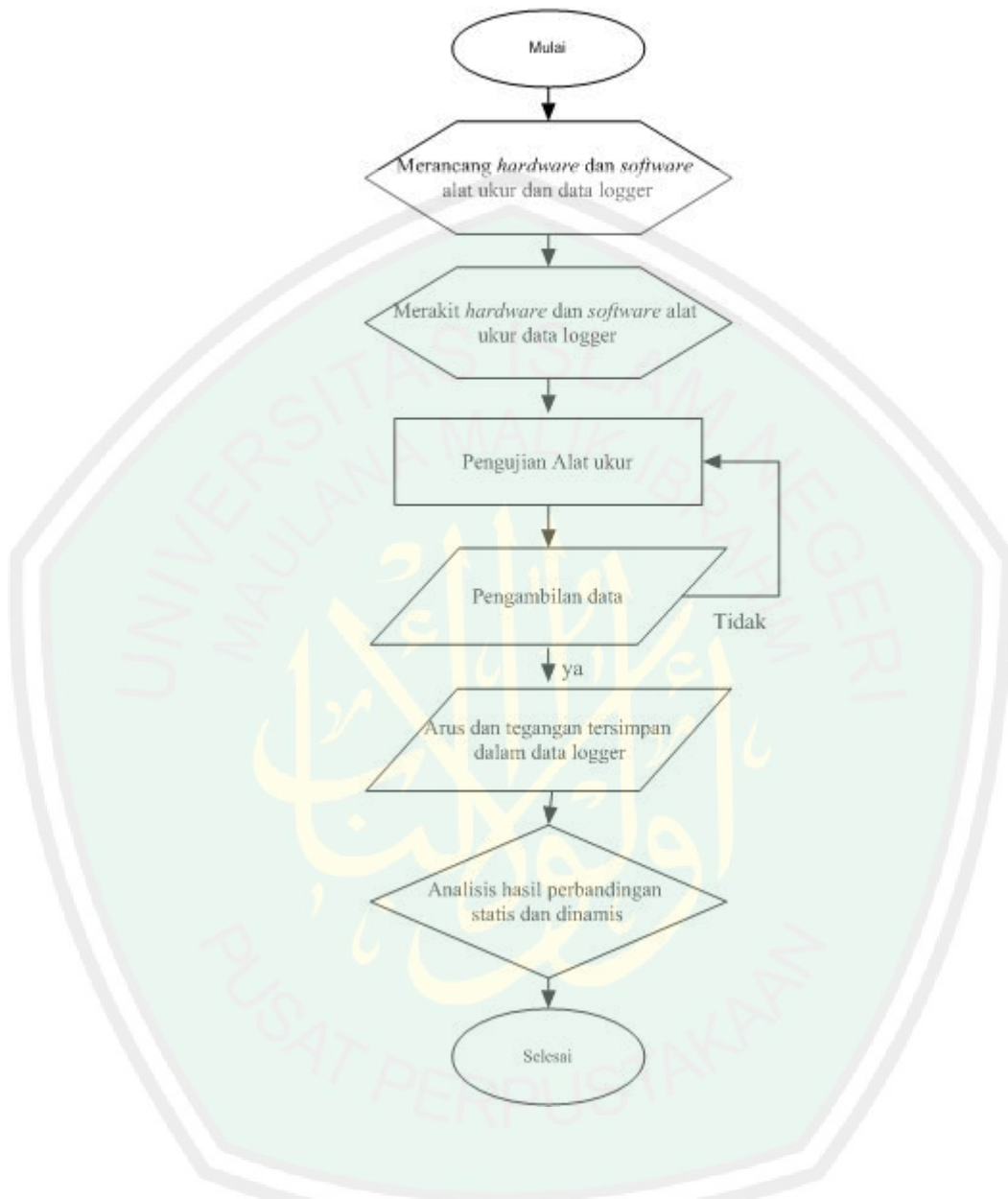
8. Multimeter	4 Buah
9. Pijakan panel surya	1 Buah
10. Modul MAX471	2 Buah
11. RTC DS1307	1 Buah

3.3.2 Perangkat lunak

1. *Software* microsoft excel
2. *Software* arduino uno IDE (*Integrated Development Environment*)
3. *Software* fritzing

3.4 Langkah Kerja Penelitian

Langkah membuat alat ukur panel surya dengan sistem *data logger* (perekam data) berbasis arduino untuk analisis perbandingan hasil energi antara sel surya statis yang dipasang horizontal dengan energi sel surya dinamis. Sistem *data logger* menggunakan *sd card* yang berkapasitas 2 GB. Penelitian ini memanfaatkan *database* arus dan tegangan dari sebuah sel surya tiap jam, baik sel surya statis maupun dinamis. Adapun diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

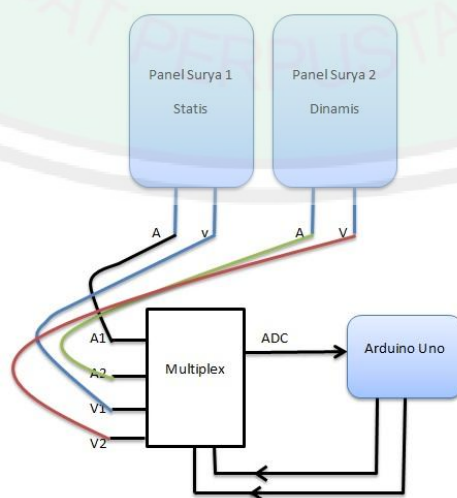
3.5 Perancangan Alat

Perancangan alat ini memerlukan sebuah sensor yang dapat mendeteksi tegangan dan arus dari panel surya. Selain sensor arus dan tegangan, membutuhkan komponen lain seperti *sd card module* sebagai *data logger* dan

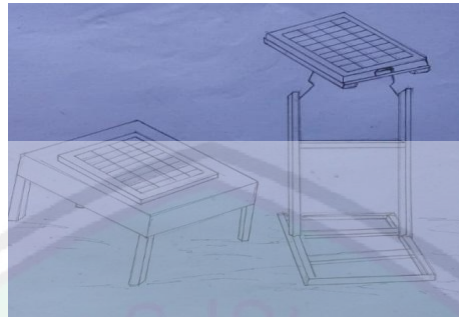
RTC sebagai *timer*. Perancangan alat terbagi menjadi dua tahap, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

3.5.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Penyusunan perangkat keras meliputi pemubuatan alat ukur *data logger* panel surya dan pembuatan pijakan panel surya seperti gambar 3.2. Pijakan tersebut dirancang agar dapat berputar 180° agar posisi panel surya lebih mudah bergerak ketika mengikuti arah cahaya matahari. Alat ukur yang dibuat membutuhkan *logger sd card modul* sebagai kontrol *monitoring* arus dan tegangan. Terdapat 2 panel surya yang dipasang secara berbeda yaitu panel surya statis yang dipasang secara horizontal (tegak lurus) dan panel surya dinamis yang dipasang bergerak mengikuti arah cahaya matahari. Alat ukur diupayakan untuk dapat mengukur 2 panel surya secara silmultan (bersamaan) dalam kurun waktu tertentu yang bertujuan untuk membandingkan dan menganalisis hasil keluaran panel surya.

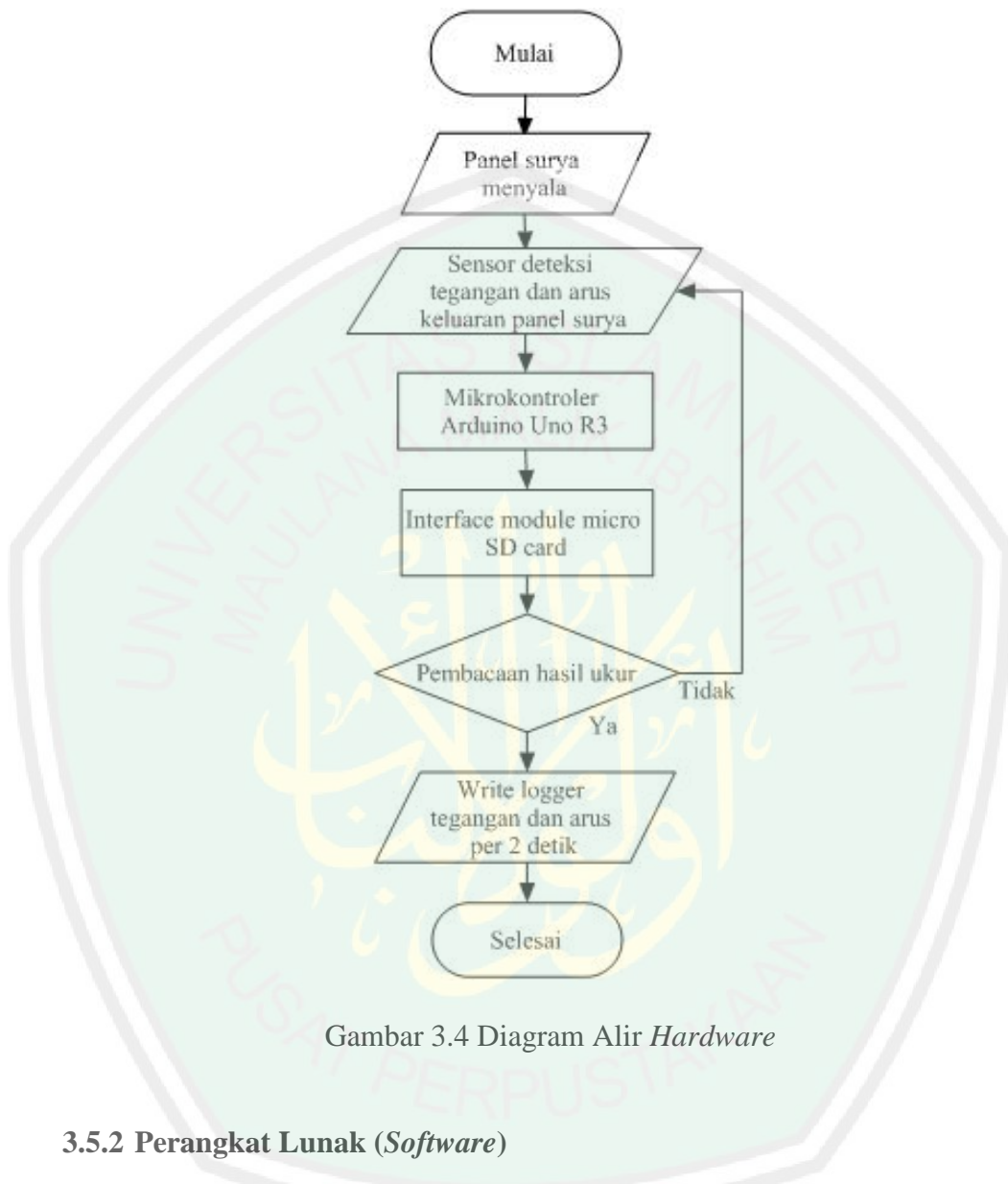


Gambar 3.2 *Hardware* Pengukuran



Gambar 3.3 Pijakan Panel Surya

Data logger (perekam data) panel surya menggunakan modul *micro sd card* yang kompatibel dengan *sd card*. Sensor arus menggunakan MAX471 yang mempunyai prinsip *resistor shunt* sebagai pengganti *hall effect*. Sensor ini mengubah aliran arus menjadi tegangan dengan bentuk sinyal tertentu. Sinyal analog ini kemudian diubah melalui ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk dapat dibaca dengan mudah. Begitu pula sensor tegangan yang menggunakan *arduino voltage sensor module* untuk mendeteksi tegangan keluaran panel surya. Penggunaan ADC sebagai konversi sinyal analog yang dihasilkan dari *driver* (penguat) sensor tersebut. Data arus dan tegangan yang termonitoring dapat secara otomatis tersimpan dalam *sd card* dengan waktu respon yang telah ditentukan. Alat ukur dilengkapi dengan RTC DS1307 agar dapat mengukur secara *realtime* sehingga dapat diketahui nilai perubahan arus dan tegangan setiap waktunya yang diperoleh dari sistem. Data yang dihasilkan berupa kode biner berdasarkan perintah dari *mikrokontroller* yang dilakukan secara *realtime*.



Gambar 3.4 Diagram Alir *Hardware*

3.5.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Sebuah perangkat sebagai pendukung kinerja alat ukur panel surya yaitu perangkat lunak (*software*) arduino uno IDE (*Integrated Development Environment*) untuk memproses dan mengolah data arus dan tegangan panel surya serta mengontrol jalannya alat ukur yang dibuat. *Output* yang dihasilkan sudah dalam bentuk sinyal ADC (*Analog Digital Converter*) tersebut masuk ke

arduino untuk dikonversi menjadi nilai sesungguhnya. Data yang sudah terolah akan ditampilkan di PC melalui *software* microsoft excel.

3.6 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data melalui 2 mekanisme, yakni ketika panel surya dipasang secara statis dan dinamis, dan pengukuran menggunakan multimeter. Panel surya diupayakan untuk dapat mengukur secara simultan (bersamaan). Panel surya 1 (dinamis) diletakkan pada pijakan agar dapat bergerak mengikuti cahaya matahari dari pukul 09.00-15.00 WIB, hasil yang diperoleh pada langkah ini digunakan untuk menghitung besar arah pergeseran panel surya setiap 10 menit, karena kinerja alat pada penelitian ini dilakukan pengambilan data setiap 10 menit. Sedangkan panel surya statis diletakkan tegak lurus secara horizontal dari jam 09.00-15.00 WIB pada bidang datar. Pengukuran arus dan tegangan kedua panel surya selain menggunakan serial monitor *software* arduino uno R3, diukur juga menggunakan multimeter. Pengukuran menggunakan multimeter dilakukan sebagai data pembanding.

Pada penelitian ini tidak sampai pada parameter pengukuran suhu, maupun intensitas matahari. Adapun pengambilan data penelitian dicatat dalam tabel-tabel berikut:

Tabel 3.1 Data Pengukuran Panel Surya Dinamis

No.	Tanggal	Waktu (Second)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (Joule)
1						
2						
3						
4						

Tabel 3.2 Data Pengukuran Panel Surya Statis

No.	Tanggal	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi
1						
2						
3						
4						

3.7 Pengolahan, Analisis Data dan Perbandingan Hasil Energi

Data-data yang diperoleh akan di olah, dianalisis dan dibandingkan antara panel surya dinamis dengan panel surya statis tiap harinya. Nilai yang terekam pada data diatas akan dikaji terlebih dahulu sebelum dibandingkan antar kedua panel surya tersebut. Pentingnya kajian pembahasan mengenai hal tersebut agar dapat untuk membandingkan kelebihan dan kekurangan diantara keduanya. Keseluruhan pengolahan data ini dilakukan secara manual mulai dari penentuan daya sampai penentuan energi. Untuk daya (P) dihasilkan menggunakan perhitungan rumus:

$$\frac{dw}{dt} = P = V \times I \quad (3.1)$$

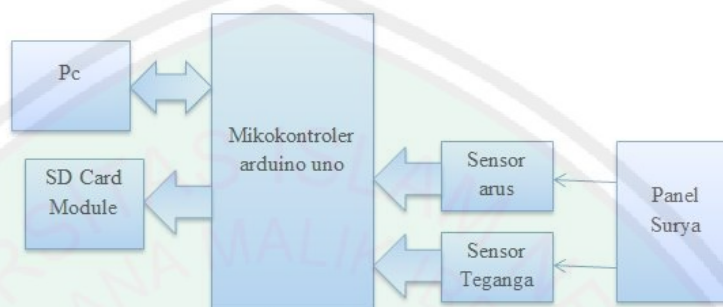
Dimana, P adalah daya J/s (*Watt*), V adalah tegangan (*Volt*) dan I adalah arus (*Ampere*). Sedangkan untuk menentukan energi dihasilkan dengan menggunakan persamaan:

$$dw = VdQ = V \times I \times \delta t \quad (3.2)$$

Dimana, E (E, dalam W / m^2) adalah energi , δt adalah waktu interval untuk pengambilan tiap data. Hasil energi yang dibandingkan yaitu hasil energi rata-rata per harinya selama 3 hari. Sedangkan untuk menghitung persentase eror alat ukur dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Error(\%) = \frac{\text{nilai teori} - \text{nilai pengukuran}}{\text{nilai teori}} \times 100\% \quad (3.3)$$

3.8 Unjuk Kerja



Gambar 3.5 Diagram Blok Unjuk Kerja Alat

Fungsi dari sistem monitoring ini untuk mengetahui nilai tegangan dan arus dari panel surya secara *real time* sehingga dapat diketahui daya *maximum* yang dihasilkan dari rangkaian alat ukur setiap harinya. Desain alat ukur yang dirancang dapat dilihat seperti diagram blok diatas. Prinsip kerja dari pengukuran iniyakni ketika pancaran sinar matahari diserap oleh sel surya, elemen semikonduktor di dalamnya dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik yang kemudian masuk ke rangkaian alat ukur. Sehingga arus dan tegangan yang terukur dapat menghasilkan daya dan energi. Prinsip kerja dari alat ukur berdasarkan diagram blok diatas yaitu sumber panas matahari yang terserap oleh panel surya dan akan diteruskan menuju sensor arus MAX471 dan sensor tegangan yang diberi hambatan resistor 100 Ohm yang disusun secara paralel. Pemberian hambatan dilakukan karena tegangan DC yang dihasilkan oleh sel surya sangat besar, sehingga perlu dilemahkan terlebih dahulu agar dapat terbaca oleh ADC pada arduino.

Sensor arus yang digunakan jenis MAX471 yang memiliki prinsip berdasarkan *resistor shunt* menggantikan *hall effect*. Arus dan tegangan yang masuk diolah RTC DS1307 secara *real time* oleh arduino untuk direkam. Untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya, maka keluaran dari sel surya yang berupa arus akan terhubung dengan rangkaian ADC yang akan mengkonversi data analog yang diperoleh dari sel surya menjadi data digital. Data yang termonitoring dan terekam di PC berupa tanggal, waktu, arus, tegangan, dan daya. Hasil monitoring tersebut secara otomatis tersimpan kedalam *micro sd card* yang terpasang di modul *sd card*.

Sd card yang difungsikan sebagai *data logger* (perekam data) berperan penting untuk hasil daya dari panel surya statis dan panel surya dinamis. Hal ini dikarenakan *sd card* untuk mengetahui dan menyimpan perubahan kondisi cuaca, intensitas cahaya matahari serta banyaknya daya yang terserap pada hari sebelum-sebelumnya. Penelitian ini memanfaatkan sinar matahari yang terpancar sampai ke bumi, karena bahan semikonduktor tipe p dapat menerima energi dari foton ke elektron yang bergerak bebas ke lapisan tipe n apabila terkena sinar matahari. Sinar matahari merupakan spektrum total frekuensi radiasi elektromagnetik yang dilepaskan oleh matahari.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Secara garis besar penelitian ini untuk menganalisis perbandingan hasil energi sel surya statis dan energi sel surya dinamis dengan menggunakan *data logger* berbasis arduino uno. Penelitian ini dilakukan di 2 tempat yaitu ketika pembuatan alat di laboratorium elektronika dan instrumentasi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang serta ketika pengambilan data di luar ruangan. Tujuan pertama dari penelitian ini adalah penggunaan arduino sebagai basis sumber data dari energi yang dihasilkan sistem sel surya yang dipasang horizontal dengan sistem sel surya dinamis. Dengan memanfaatkan 2 panel surya yang dipasang statis secara horizontal dan dinamis (mengikuti arah cahaya matahari) dengan rentan waktu *tracking* dari jam 09.00 – 15.00 WIB. Melalui bantuan alat ukur yang telah dibuat untuk monitoring data arus dan tegangan panel surya sehingga tersimpan secara otomatis pada *sd card modul*. Alat ukur yang dibuat berbasis arduino uno R3 sebagai kontrol alat dan kontrol data yang masuk. Sedangkan tujuan kedua untuk menganalisis hasil daya serta membandingkan antara penggunaan sel surya statis yang dipasang tegak lurus dan sel surya dinamis. Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi tegangan, arus, daya yang dihasilkan panel surya, tanggal, serta waktu.

Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler sebagai kontrol aksi pada monitoring *photovoltaics*. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini berbasis arduino berjenis uno R3 yang terdiri dari 2 bagian yaitu bagian *hardware*

yang digunakan sebagai pengolah data dari beberapa sensor dan alat lainnya yang dibuat, dan *software* yang digunakan sebagai program atau sistem perintah dengan menuliskan *sketch* yang berupa bahasa C yang akan di *compile* ke *hardware* arduino dan data akan tertampil pada serial monitor *software*. Arduino akan membaca nilai dari ADC. Penelitian ini dilakukan dengan 4 parameter yaitu arus dan tegangan dari kedua panel surya, penghasilan daya dari kedua panel surya, serta hasil energi dari kedua panel surya tersebut. Pengukuran pertama yaitu penentuan sudut dari kedua panel surya yang dipasang secara berbeda, panel surya 1 dipasang secara *tracker* dan panel surya statis yang dipasang secara horizontal. Pengukuran kedua yaitu monitoring arus dan tegangan dari masing-masing panel surya, monitoring arus dan tegangan menggunakan serial monitor pada *software* arduino uno R3. Pengukuran penghasilan daya dan energi kedua panel surya dilakukan setelah mendapatkan nilai arus dan tegangan dengan menggunakan persamaan daya dan energi panel surya.

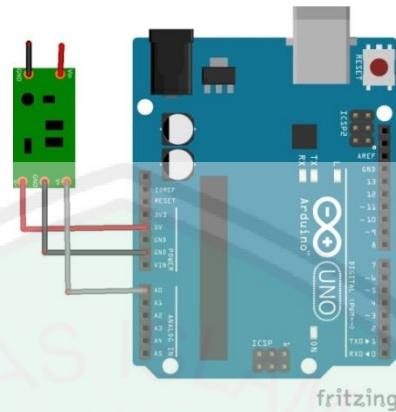
Arduino digunakan sebagai kontrol monitoring panel surya, sedangkan *data logger* (perekam data) menggunakan *micro sd card* karena dapat digunakan untuk melakukan penyimpanan data, dimana modul sd card ini kompatibel dengan Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, Leonardo, Mega R3/Mega ADK. Sistem yang dibuat ialah *output* sel surya dihubungkan dengan resistor 100 ohm sebagai beban, maka timbul arus dan tegangan yang melewati resistor dilemahkan terlebih dahulu. Karena inputan dari ADC harus berupa tegangan, maka untuk mencuplik arus, input dari ADC dihubung paralel dengan resistor sehingga akan didapat nilai tegangan. Karena arus sel surya berubah-ubah, maka tegangan pada

resistor pun akan berubah-ubah sesuai dengan arus yang melewatinya. Selain itu menggunakan juga RTCDS1307 untuk mendapatkan data secara *realtime*.

Sd card yang difungsikan sebagai *data logger* (perekam data) berperan penting untuk hasil daya dari panel surya statis dan panel surya dinamis. Hal ini berguna untuk monitoring ulang dan menyimpan data energi, intensitas cahaya matahari serta banyaknya daya yang terserap pada hari sebelum-sebelumnya. Penelitian ini memanfaatkan sinar matahari yang terpancar sampai ke bumi, karena bahan semikonduktor tipe p dapat menerima energi dari foton ke elektron yang bergerak bebas ke lapisan tipe n apabila terkena sinar matahari. Sinar matahari merupakan spektrum total frekuensi radiasi elektromagnetik yang dilepaskan oleh matahari

4.1.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan berfungsi agar dapat membaca tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, sistem kerja sensor ini dengan cara mengkonversi data analog tegangan digital untuk diproses oleh arduino uno R3. Sensor tegangan umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau biasa disebut *voltage divider*. Sensor ini didasarkan pada prinsip tekana resistansi dan dapat membuat tegangan *input* dari terminal mengurangi 5 kali dari tegangan asli. Sensor tegangan mempunyai 2 konektor, pin *input* yang terdiri dari GND dan VCC yang mendapat *supply* dari panel surya. Sedangkan pin *output* yang terdiri dari (s) untuk koneksi ke *analog input* arduino, (-) untuk koneksi ke GND arduino, (+) tidak dikoneksikan. Adapun skematik dan pemrograman sensor tegangan seperti gambar dibawah.



Gambar 4.1 Rangkaian Modul Tegangan

```

AnalogInput | Arduino 1.6.8
File Edit Sketch Tools Help
AnalogInput
int sensorPin = A0; // select the input pin for the potentiometer
int ledPin = 13; // select the pin for the LED
int sensorValue = 0; // variable to store the value coming from the sensor

void setup() {
  // declare the ledPin as an OUTPUT:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  // read the value from the sensor:
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  // turn the ledPin on
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  // stop the program for <sensorValue> milliseconds:
  
```

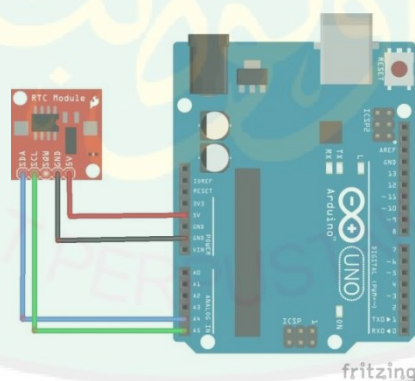
Gambar 4.2 Sketch Modul Sensor Tegangan

4.1.2 Pembuatan Sistem Data Logger

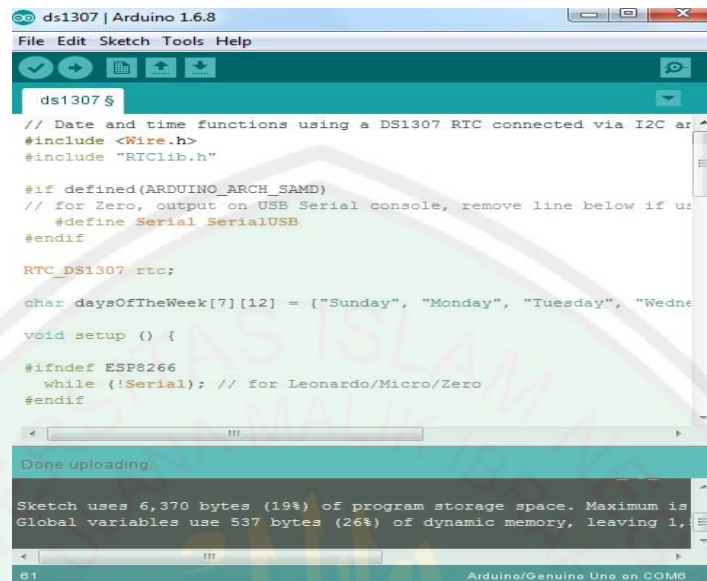
Sd card module digunakan sebagai fungsionalitas *data logger* untuk media penyimpanan. Gambar 4.3 merupakan skema rangkaian *sd card module* yang sudah kompatibel dengan arduino Uno R3. *Module* ini menggunakan *micro sd card* untuk menyimpan data yang sudah terekam secara otomatis. *Sd card module* adalah modul pembaca kartu *micro sd* untuk membaca dan menulis

4.1.3 Pengujian RTC DS1307

Pengujian RTC DS1307 berfungsi untuk mengetahui data yang masuk secara *realtime* sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Variabel informasi yang didapat dari RTC DS1307 meliputi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Parameter jam dapat beroperasi selama 12 jam dengan indikator AM / PM. RTC DS1307 mempunyai 4 PIN yaitu GND (yang dihubungkan dengan GND arduino), VCC (yang dihubungkan dengan VCC 5 V arduino uno), SDA (yang dihubungkan dengan analog A4 arduino uno) merupakan data *input/output* dari I^2C serial interface, SCL (yang dihubungkan dengan analog A5 arduino uno) merupakan *input* jam untuk *interface* I^2C dan digunakan untuk sinkronisasi. Dalam hal ini RTC DS3107 digunakan untuk mengontrol data arus dan tegangan yang masuk secara kontinue dan *realtime*.



Gambar 4.5 Rangkaian RTC DS1307



```

ds1307 | Arduino 1.6.8
File Edit Sketch Tools Help
ds1307 $
// Date and time functions using a DS1307 RTC connected via I2C ar
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"

#if defined(ARDUINO_ARCH_SAMD)
// for Zero, output on USB Serial console, remove line below if us
#define Serial SerialUSB
#endif

RTC_DS1307 rtc;

char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wedne

void setup () {

#ifndef ESP8266
while (!Serial); // for Leonardo/Micro/Zero
#endif

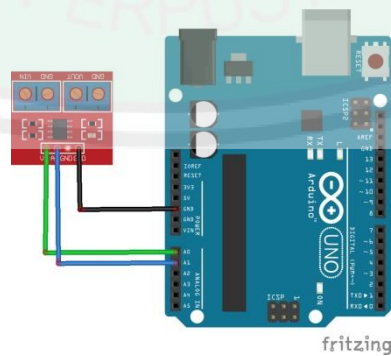
Done uploading.
Sketch uses 6,370 bytes (19%) of program storage space. Maximum is
Global variables use 537 bytes (26%) of dynamic memory, leaving 1,
Arduino/Genuine Uno on COM6

```

Gambar 4.6 Sketch RTC DS1307

4.1.4 Pengujian Module Sensor MAX471

Pengujian menggunakan modul sensor MAX471 berfungsi untuk mendeteksi arus yang masuk. Sensor ini memiliki beberapa pin RS+ tersambung ke A0 dan AT tersambung ke A1, terdapat 2 pin GND dan hanya 1 yang terpakai. Pengujian ini membutuhkan resistor 100 Ohm



Gambar 4.7 Rangkaian Modul MAX471



```

sketch_MAX471 | Arduino 1.6.8
File Edit Sketch Tools Help
sketch_MAX471 $
const int MAX471In=A0;
int rawvalue= 0;
float Current=0;

void setup () {
  pinMode(A0,INPUT);
  Serial.begin(9600);}

void loop() {
  rawvalue= analogRead(A0);
  Current = ((rawvalue*0.00489)*1000);//scale the ADC
  float a=Current/0.7824;
  Serial.print("Current sebelum = ");//show the voltage measured
  Serial.print(Current,3);
  Serial.print(" Current sesudah kalibrasi = ");
  Serial.print(a); // 3 digit after decimal point
  Serial.println(" miliamps DC");//3 digits point
  delay (1000);
}
1 Arduino/Genuino Uno on COM6

```

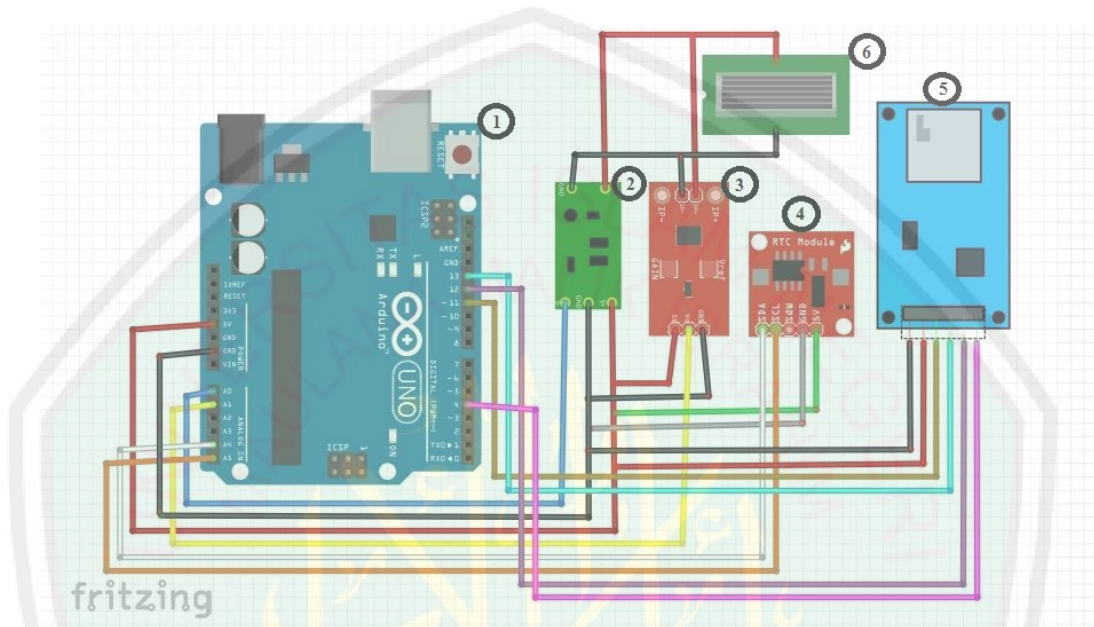
Gambar 4.8 Sketch Modul MAX471

4.1.5 Perancangan Keseluruhan Alat Ukur Monitoring Panel Surya

Proses pembuatan alat ukur monitoring hasil daya panel surya statis dan panel surya dinamis menggunakan *data logger* ini melewati beberapa tahap, mulai dari pembuatan tempat perpipakan panel surya dinamis dan pembuatan alat ukur. Alat ukur yang dirancang seperti gambar 4.9 terdiri dari beberapa komponen elektronika yaitu arduino uno R3, modul tegangan, modul arus MAX471, RTC1307, *micro sd card module*, panel surya. Alat ukur ini dapat monitoring tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *photovoltaic* secara *realtime* pada sudut tertentu sehingga dapat diketahui nilai perubahan setiap waktunya dan daya yang diperoleh dari sistem yang dibuat, jadi hanya mengukur nilai dari tegangan dan arus yang dibentuk dalam *data logger* (perekam data) menggunakan bantuan *sd card module*. Sedangkan pembuatan pijakan panel

surya dinamis menggunakan bahan dasar kayu yang bisa diputar 360° agar panel surya lebih mudah untuk mengikuti kemana datangnya cahaya matahari. Menfungsikan panel surya yang dapat bergerak agar intensitas matahari yang diterima oleh panel surya dapat optimum.

Alat ukur yang dirancang berupaya untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel surya secara *realtime*, yang nantinya arus dan tegangan akan diolah oleh arduino dan data *logger*, sehingga dapat diketahui nilai perubahan setiap waktunya dan daya yang diperoleh dari sistem yang dibuat. *Data logger* (perekam data) yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan *sd card module* untuk menyimpan data arus dan tegangan yang telah termonitoring karena *data logger* dilengkapi dengan RTC (*Real Time Clock*) yang berfungsi untuk mengontrol data secara kontinue dan *realtime*. RTC merupakan *chip* dengan konsumsi daya rendah yang mempunyai kode *binary*(BCD), jam/kalender, 56 *byte* NV SRAM dan komunikasi *interface* menggunakan *serial two wire*. Begitu juga *sd card module* yang digunakan untuk mengetahui waktu penyimpanan data yang dilakukan. Hasil pengukuran dapat dilihat melalui PC dengan menggunakan *software* microsoft excel. Panel surya tersebut dipasang secara multiplex, dengan harapan panel surya tersebut bisa dioperasikan secara bersamaan (*simultan*) agar pengukuran dalam satu waktu tersebut baik panel surya dinamis maupun statis, bisa menghasilkan banyak data arus dan tegangan.



Gambar 4.9 Skema Keseluruhan Rangkaian Alat Ukur



Gambar 4.10 Alat Ukur Monitoring Panel Surya

4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama 4 hari secara simultan antara panel surya dinamis dan panel surya statis. Tanggal 19 November 2018 mendapatkan data

dengan cuaca sangat mendung, tanggal 21 November 2018 mendapatkan cuaca yang berbeda yaitu cerah berawan dan sangat panas, sedangkan tanggal 8 Oktober 2018 mendapatkan cuaca yang cerah berangin kencang. Agar data yang dihasilkan dapat dianalisis perbandingannya satu sama lain maka pengambilan data dengan asumsi pada cuaca yang berbeda tiap harinya. Variabel pengumpulan data yang diambil dan termonitoring meliputi arus, tegangan, waktu dan tanggal dimulai jam 09.00 -15:00 WIB mendapat pancaran sinar matahari yang optimal.

4.2.1 Hasil Pengujian Panel Surya Statis Dan Panel Surya Dinamis Menggunakan Data Logger.

Tabel 4.1 Data Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 17 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I(A)	Daya/P (W)	W (Joule)
17/12/2018	9:00	6.024	0.1492	0.8989	-
	10:00	18.404	0.2267	4.1728	41.728
	11:00	18.493	0.2279	4.2159	42.159
	12:00	18.704	0.2230	4.1718	41.718
	13:00	18.357	0.2352	4.3187	43.187
	14:00	17.293	0.2390	4.1337	41.337
	15:00	16.162	0.2199	3.5545	35.545

Tabel 4.2 Data Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 17 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	W (Joule)
17/12/2018	9:00	14.792	0.1727	2.5546	-
	10:00	17.678	0.2113	3.7358	37.358
	11:00	17.303	0.2049	3.5458	35.458
	12:00	16.98	0.1988	3.3765	33.765
	13:00	17.659	0.2076	3.6663	36.663
	14:00	17.193	0.2066	3.5535	35.535
	15:00	16.367	0.1935	3.1672	31.672

Tabel 4.3 Data Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 18 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	E (Joule)
18/12/2018	9:00	17.648	0.2320	4.0959	-
	10:00	18.422	0.2345	4.3212	43.212
	11:00	17.938	0.2354	4.223	42.23
	12:00	17.524	0.2455	4.3024	43.024
	13:00	17.272	0.2420	4.1811	41.811
	14:00	13.265	0.1813	2.4054	24.054
	15:00	4.234	0.1113	0.8185	4.714

Tabel 4.4 Data Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 18 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	W (Joule)
18/12/2018	9:00	15.507	0.1701	2.6379	-
	10:00	17.467	0.1813	3.1677	31.677
	11:00	17.228	0.2039	3.5138	35.387
	12:00	16.588	0.1936	3.2117	32.117
	13:00	16.398	0.1917	3.1440	31.440
	14:00	13.913	0.1590	2.2131	22.131
	15:00	7.366	0.1111	0.8185	8.185

Tabel 4.5 Data Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 22 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	W (Joule)
22/12/2018	9:00	17.921	0.2175	3.8986	-
	10:00	18.511	0.2437	4.5120	45.120
	11:00	18.18	0.2210	4.0180	40.180
	12:00	17.51	0.2175	3.8096	38.096
	13:00	16.862	0.2162	3.6466	36.466
	14:00	15.007	0.2180	3.2717	32.717
	15:00	4.987	0.5432	2.7089	27.089

Tabel 4.6 Data Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 22 Desember 2018

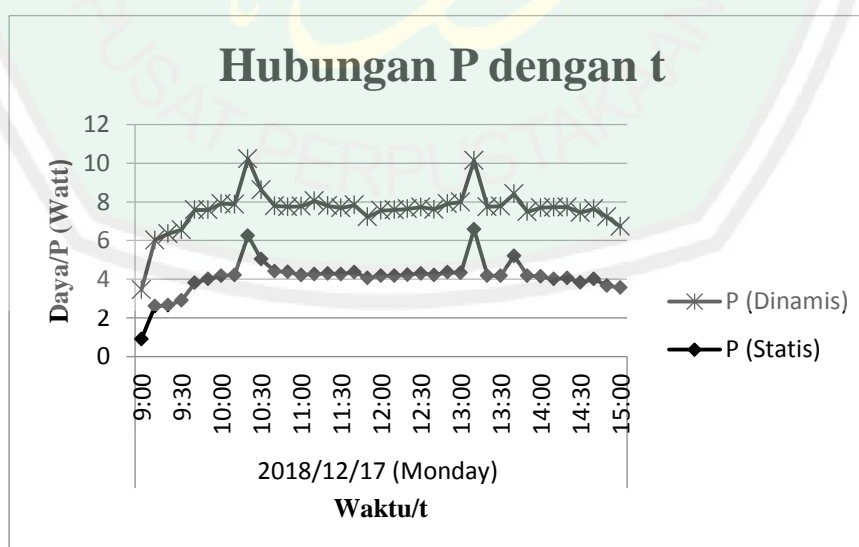
Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	W (Joule)
22/12/2018	9:00	10.24	0.1137	1.1650	-
	10:00	16.771	0.1915	3.2118	32.118
	11:00	17.532	0.2056	3.6056	36.056
	12:00	17.004	0.1984	3.3735	33.735
	13:00	17.399	0.2052	3.5706	35.706
	14:00	18.149	0.2162	3.9242	39.242
	15:00	9.577	0.1223	1.1720	11.720

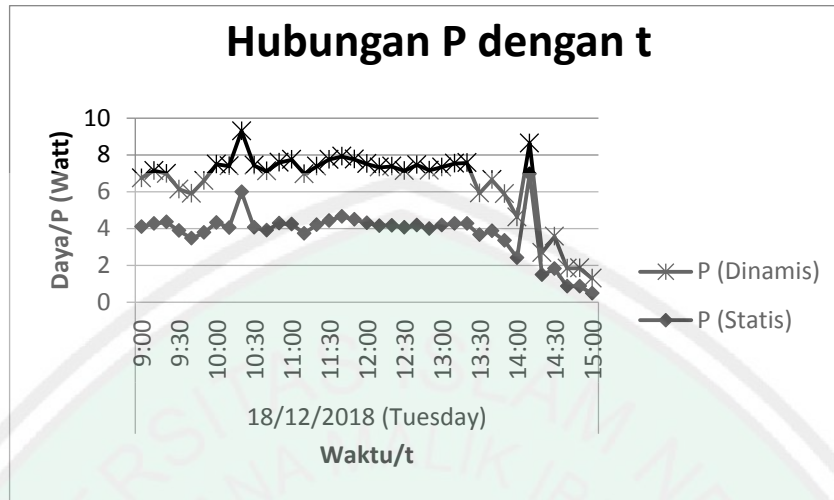
Tabel 4.7 Data Monitoring Panel Surya Dinamis Tanggal 23 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	W (Joule)
23/12/2018	9:00	17.112	0.2222	3.8025	-
	10:00	17.237	0.2124	3.6617	36.617
	11:00	17.222	0.2345	4.039	40.397
	12:00	18.294	0.2354	4.3081	43.068
	13:00	18.599	0.2248	4.1827	41.827
	14:00	16.747	0.2144	3.5921	35.921
	15:00	12.564	0.1524	1.9147	19.147

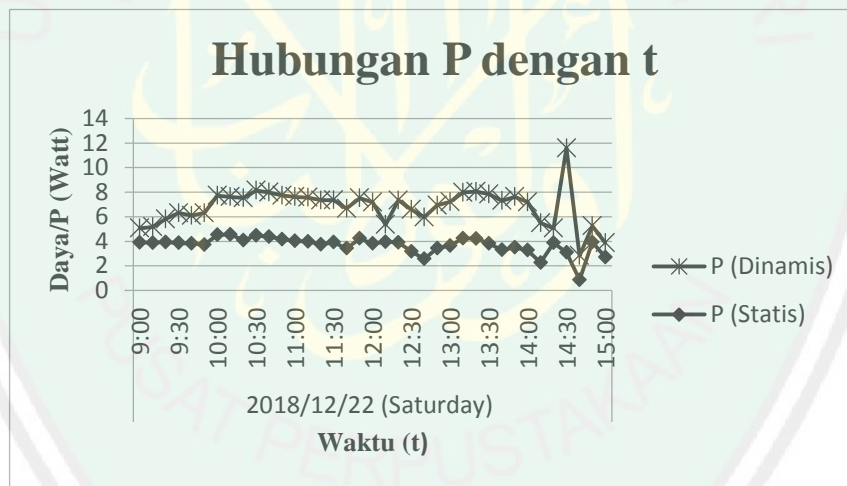
Tabel 4.8 Data Monitoring Panel Surya Statis Tanggal 23 Desember 2018

Tanggal	Waktu	Voltage (V)	Arus/I (A)	Daya/P (W)	W (Joule)
23/12/2018	9:00	18.254	0.2154	3.9333	-
	10:00	18.053	0.2221	4.0107	40.107
	11:00	18.003	0.1813	3.2649	32.649
	12:00	18.418	0.2039	3.7565	37.565
	13:00	18.527	0.2180	4.0399	40.399
	14:00	18.846	0.1956	3.2964	32.964
	15:00	11.562	0.1236	1.4291	14.291

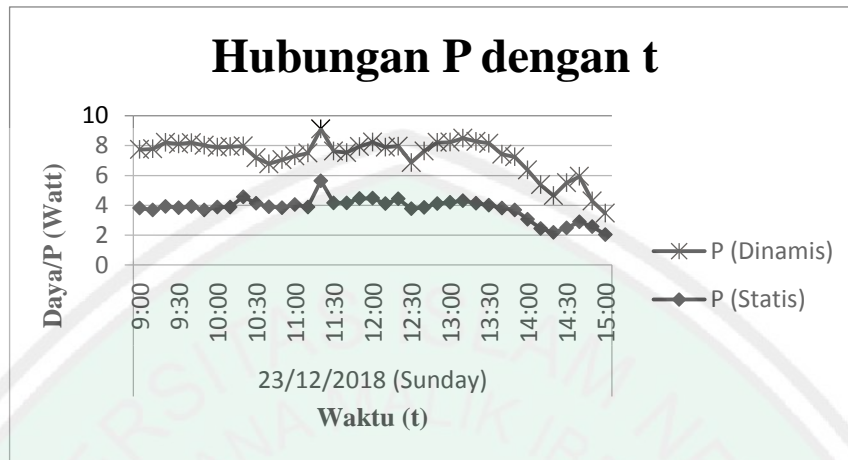
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan *Output* (P) Panel Surya Dinamis dan Panel Surya Statis Tanggal 17 Desember 2018.



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan *Output*(P) Panel Surya Dinamis dan Panel Surya Statis Tanggal 18 Desember 2018.

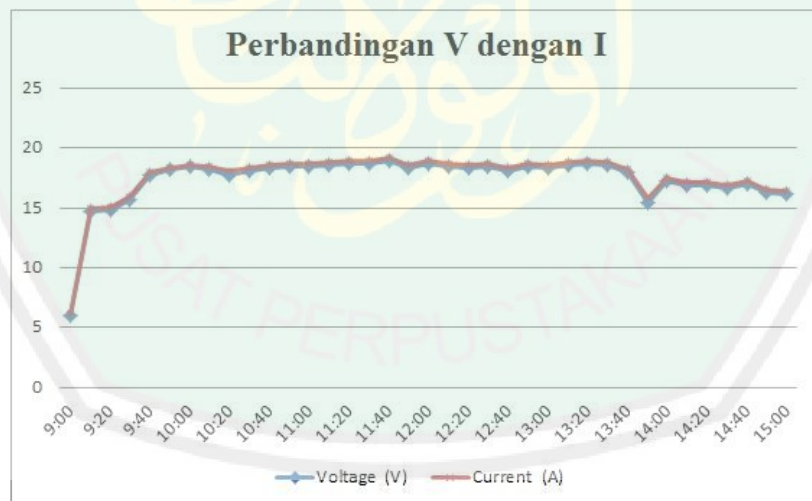


Gambar 4.13 Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan *Output*(P) Panel Surya Dinamis dan Panel Surya Statis Tanggal 22 Desember 2018

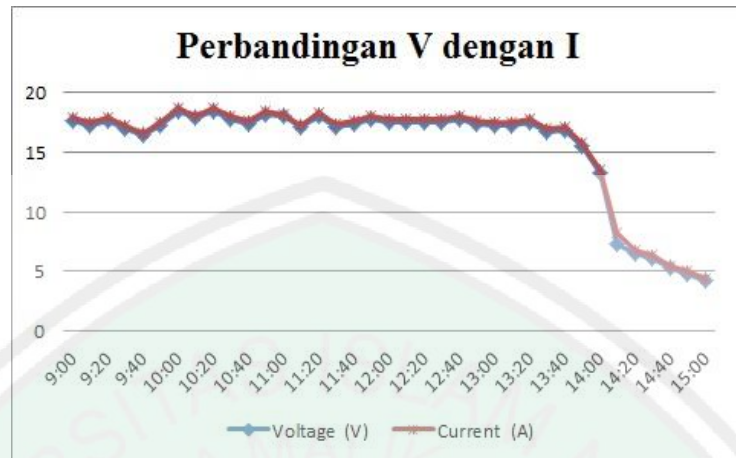


Gambar 4.14 Grafik Hubungan Perbandingan Hasil (t) dengan *Output*(P) Panel Surya Dinamis dan Panel Surya Statis Tanggal 23 Desember 2018

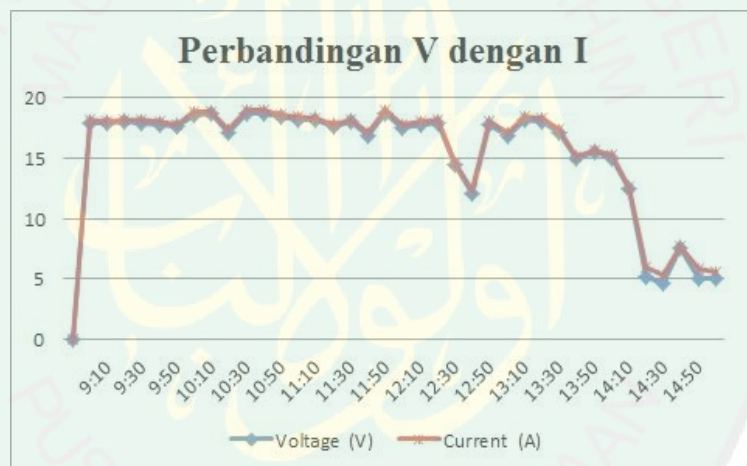
4.2.2 Hasil Perbandingan Arus Dan Tegangan Panel Surya Dinamis.



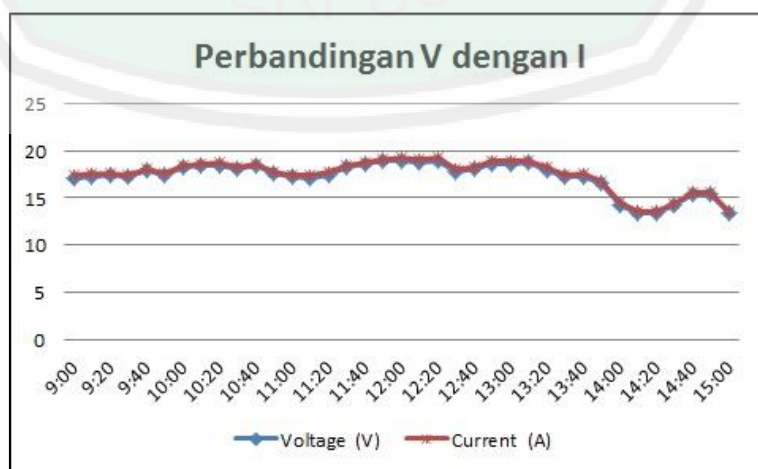
Gambar 4.15 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 17 Desember 2018



Gambar 4.16 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 18 Desember 2018

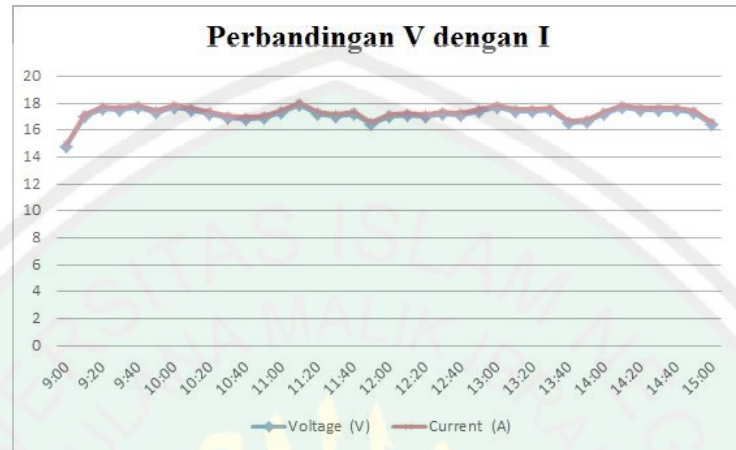


Gambar 4.17 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 22 Desember 2018

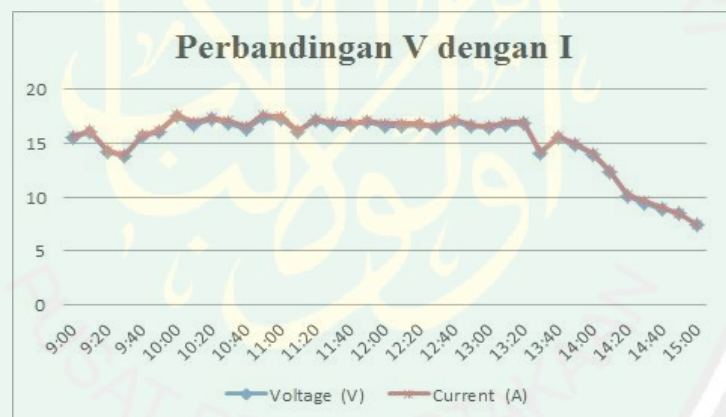


Gambar 4.18 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 23 Desember 2018

4.2.3 Hasil Perbandingan Arus Dan Tegangan Panel Surya Statis



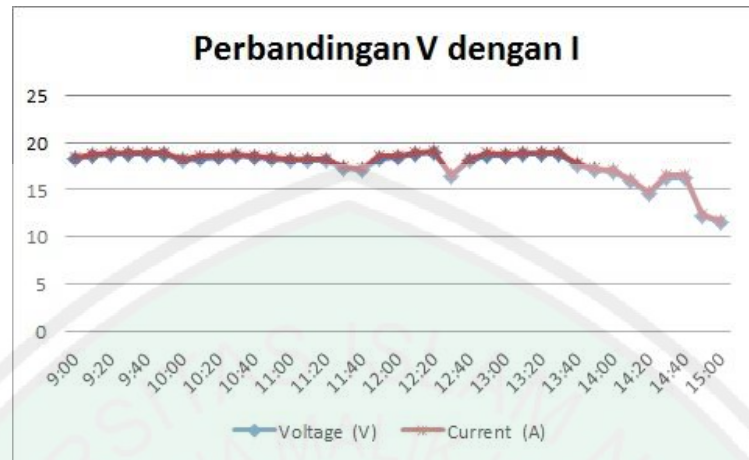
Gambar 4.19 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 17 Desember 2018



Gambar 4.20 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 18 Desember 2018



Gambar 4.21 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 22 Desember 2018



Gambar 4.22 Grafik Hubungan V dengan I Tanggal 23 Desember 2018

4.2.4 Hasil Perbandingan Energi Panel Surya Statis dan Panel Surya Dinamis.



Gambar 4.23 Grafik Plot Data Perbandingan Energi Total per Hari.

4.2.5 Perhitungan Prosentase Error Nilai Energi

$$\text{Hari ke 1} \quad \text{error} = \frac{1511.31}{1270.66} \times 100\% = 118.938\%$$

$$\text{Hari ke 2} \quad \text{error} = \frac{1352.282}{985.664} \times 100\% = 137.195\%$$

$$\text{Hari ke 3} \quad \text{error} = \frac{1323.21}{1149.12} \times 100\% = 115.15\%$$

Hari ke 4
$$\text{error} = \frac{1361.5}{1260.56} \times 100 \% = 108.008\%$$

4.3 Pembahasan

Terdapat 2 hasil dalam penelitian ini, yaitu pembuatan alat ukur untuk monitoring hasil parameter pengukuran menggunakan *data logger* serta hasil perbandingan pengukuran antara panel surya dinamis dan panel surya statis. Berdasarkan tujuan penelitian penggunaan arduino sebagai basis sumber data data dari energi yang dihasilkan oleh sistem sel surya statis yang dipasang horizontal dengan sistem sel surya dinamis dan menganalisis hasil daya serta membandingkan antara penggunaan sel surya statis yang dipasang tegak lurus dengan sel surya dinamis.

Alat ukur yang dibuat sebagai basis data telah bekerja dengan baik sesuai prinsip kerja, dimana arus dan tegangan dari panel surya masuk menuju sensor arus MAX471 dan sensor tegangan yang fungsinya untuk dilemahkan terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya *overload*, kemudian data masuk sesuai program waktu yang telah ditentukan dengan bantuan RTC DS1307 dan data akan dikontrol oleh perangkat mikrokontroler (arduino uno R3) . Hasil data akan termonitoring dan terekam oleh *serial monitor* arduino uno R3, perekam data (*data logger*) menggunakan bantuan *sd card module*.

Proses pengambilan data dilakukan selama 6 jam sehari dalam rentan waktu pukul 09:00 – 15:00 WIB dengan data yang termonitoring dan tersimpan ke *micro sd* tiap 2 detik. Akan tetapi data yang digunakan tiap 10 menit dengan mengambil nilai rata-rata tegangan dan arus yang termonitoring selama 2 detik. Menurut data yang diperoleh dari hasil pengukuran monitoring daya panel surya

secara *realtime* menggunakan *data logger* dapat diambil hubungan antara perubahan tegangan yang dihasilkan terhadap waktu juga nilai perubahan arus yang dihasilkan dari rangkaian panel surya dengan alat ukur yang terhadap waktu juga. Keseluruhan penelitian dilakukan pada cuaca mendung dan saat hujan. Dapat dilihat pada grafik 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 hubungan waktu (t) dengan daya (P) bahwa ketika panel surya dipasang dinamis hasilnya lebih besar dari panel surya statis. Daya panel surya dinamis mengalami kenaikan ketika hari semakin siang walaupun kondisi cuaca masih mendung, dan daya semakin turun ketika diatas jam 13:00.

Terlihat grafik hubungan waktu (t) dengan daya (P) tanggal 17 Desember 2018 bahwa daya yang dihasilkan panel surya statis lebih stabil dari panel surya dinamis, tetapi tidak lebih besar dari panel surya dinamis. Pada hasil daya panel surya dinamis mengalami kenaikan drastis ketika pukul 10:20-10:40, 13:00-13:20, dan 13:40-14:00 karena hanya pada waktu tersebut cuacanya panas sehingga mendapatkan pancaran matahari yang lebih banyak. Sedangkan pukul 13:00-13:20 hasil grafiknya paling tinggi karena intensitas sinar matahari berada pada titik maksimum. Kemudian daya pada tanggal 18 Desember 2018 antara panel surya dinamis dan statis hampir sama. Data tersebut didapat ketika cuaca mendung dan kurang pancaran cahaya matahari. Grafik pukul 10:00-10:40 sedikit mendapat pacaran sinar matahari sehingga mengalami kenaikan. Begitu juga pada pukul 14:00-14:20 cuacanya berubah menjadi cerah dan kembali mendung hingga hujan turun. Daya panel surya statis yang dihasilkan kurang stabil dibandingkan daya tanggal 17 Desember 2018. Sedangkan data tanggal 22 Desember 2018 cuacanya

sangat mendung. Terlihat kenaikan di grafik tersebut pukul 14:20-14:40 karena cuaca yang agak cerah, dan cuaca kembali mendung. Akan tetapi kenaikan grafik pada puku tersebut tidak mempengaruhi panel surya statis. Tanggal 23 Desember 2018 cuacanya sama seperti sebelumnya yakni mendung, akan tetapi lebih stabil dibandingkan dengan cuaca sebelumnya. Perbandingan waktu (t) dengan daya (P) dari keseluruhan data perhari berbanding lurus baik cuaca yang cerah, mendung maupun hujan dan mengalami penurunan ketika hari mulai sore.

Hasil perbandingan energi total perhari antara panel surya statis dan dinamis (gambar 4.23) tidak berbeda jauh karena pengambilan data dilakukan pada cuaca yang mendung dan kurang pancaran matahari. Jika dibandingkan total hasil energi panel surya dinamis dan panel surya statis ($W_{\text{dinamis}} : W_{\text{statis}}$) hari ke 1 sebesar 1511.31 : 1270.66, hari ke 2 sebesar 1352.282 : 985.664, hari ke 3 sebesar 1323.21 : 1149.12, dan hari ke 4 sebesar 1361.5 : 1260.56. Dapat ditarik kesimpulan pada perbandingan hasil energi antara dinamis dan statis bahwa hasil energi panel surya dinamis lebih besar dari panel surya statis. Dibuktikan pada grafik 4.23 dan hasil prosentase eror yang didapat. Salah satu faktor penyebabnya karena posisi panel surya dinamis tegak lurus terhadap posisi matahari atau mengikuti arah datangnya pancaran matahari sehingga lebih banyak menyerap energi dari pada panel surya statis. Hanya pada titik tertentu nilainya tinggi karena intensitas matahari berada pada titik maksimum untuk memancarkan cahayanya.

Salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan cahaya yang dihasilkan oleh panel surya ialah intensitas matahari, karena besar pancaran E_0 naik turun

antara 1325 W/m^2 sampai 1412 W/m^2 . Nilai rata-rata tersebut sebagai konstanta matahari dengan nilai $E_0 = 1367 \text{ W/m}^2$. Apabila diamati secara langsung, intensitas matahari semakin meningkat jika posisi matahari berada garis horozontal (posisi tegak lurus), hal ini ditandai dengan meningkatnya suhu yang semakin panas. Energi yang dihasilkan panel surya (Wh/hari) = daya nominal panel surya (watt) x lamanya panel surya mendapat sinar (hour).

4.3 Integrasi Ayat Al-Qur'an

Allah SWT menciptakan seluruh benda di jagad raya ini, tidak ada satupun yang tertinggal dan Allah tidak akan menciptakan itu semua kecuali dengan hikmah. Dialah yang menjelaskan bukti-bukti yang menunjukkan ketuhanan dan kesempurnaan kekuasaan_Nya di dalam kitab suci_Nya, agar kalian merenunginya dengan akal kalian dan memenuhi tuntutan ilmu pengetahuan.

Telah dijelaskan dalam Firman Allah surat Ibrahim [21]:33 yang berbunyi

﴿وَالنَّهَارَ أَلَيْلَ لَكُمْ وَسَخَّرْنَا آيَاتِنَا وَالْقَمَرَ الشَّمْسَ لَكُمْ وَسَخَّرَ

"Dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu matahari dan bulan yang terus menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan bagimu malam dan siang"(Ibrahim [21]:33).

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan matahari dan bulan untuk seluruh umat agar bisa merasakan siang dan malam. Maka seluruh umat mukmin harus lebih bersyukur atas anugerah nikmat yang berupa panas matahari. Dari situlah umat manusia dapat mengembangkan berbagai ilmu pengetahuan baik berbasis sains maupun teknologi dengan memanfaatkan panas matahari, dan lebih

banyak lagi manfaat matahari untuk kebutuhan hidup sehari-hari. Terdapat beberapa kesalahan dalam memahami kata cahaya. Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya antara “*nur*” yang artinya cahaya dan diperuntukkan untuk bulan, sedangkan “*diya*” yang artinya sinar dan diperuntukkan untuk matahari. Allah SWT berfirman dalam ayat al-Qur’an, yaitu:

وَالْحِسَابَ السِّنِينَ عَدَدًا لِّتَعْلَمُوا مَنَازِلَ وَقَدَرَهُ نُورًا أَوَّالْقَمَرِ ضِيَاءَ الشَّمْسِ جَعَلَ الَّذِي هُوَ
 يَعْلَمُونَ لِقَوْمٍ أَلَيْتٍ فِصْلًا بِالْحَقِّ إِذْ لَكَ اللَّهُ خَلْقَ مَا

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan rembulan bercahaya, dan Dialah yang menempatkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui” (Yunus[10]:5).

Dari potongan ayat *هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً* menjelaskan bahwa sifat matahari bukan memancarkan cahaya, akan tetapi matahari memancarkan sinar. Sinar merupakan sesuatu yang terpancar langsung dari benda yang dapat memancarkan cahaya sendiri manakala sinar ini jatuh pada benda yang gelap maka sinar tersebut akan memantul, serta benda tersebut bersifat panas dan terbakar. Sinar dapat memancarkan radiasi elektromagnetik.

Matahari menghasilkan sinar yang dibedakan warnanya dalam spektrum sinar tampak dan sinar tidak tampak. Salah satu sinar tidak tampak adalah sinar ultraviolet yang berada pada spektrum warna violet. Menurut tafsir Jalalyn Dialah yang menjadikan matahari bersinar mempunyai sinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya bagi bulan dalam perjalanannya manzilah-manzilah selama dua puluh delapan malam untuk setiap bulan, setiap malam daripada dua puluh

delapan malam itu memperoleh suatu manzilah, kemudian tidak tampak selama dua malam, jika jumlah hari bulan yang bersangkutan ada tiga puluh hari. Allah akan memberi taufik kepada siapapun yang dikehendaki di antara hamba-Nya untuk mendapat yang haq dengan jalan memperhatikan, merenungkan dan mengarahkan pikiran guna menempuh jalan lurus yang mengantarkannya kepada Dia. Adapun orang yang tidak mau berfikir, maka tak ubahya seperti orang buta; sama saja baginya, apakah dia berada dimalam yang gelap gulita ataukah berada disiang bolong (Tafsir Al-Maraghi, 1989).

Adapun penelitian ini mengarahkan pikiran untuk membuat inovasi yang berguna untuk seluruh manusia agar dapat memanfaatkan pancaran sinar matahari melalui panel surya yang dapat diaplikasikan terhadap daerah yang jauh dari jangkauan PLN. Oleh karena itu, dengan adanya pembuatan alat ukur monitoring panel surya menggunakan *data logger* diharapkan dapat memantau dan mengontrol hasil energi yang terserap oleh pancaran matahari setiap harinya. Disamping itu hasil energi yang terekam dan tersimpan dalam *sd card* dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi kekurangan dan kesalahan terhadap sistem yang dibuat. *output* dari penelitian ini yaitu energi yang dihasilkan oleh panel surya, hasil energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik. Panel surya akan menyerap energi pada siang hari dan energi tersebut dapat dimanfaatkan ketika malam hari, sehingga manusia diharapkan untuk dapat meminimalisir penggunaan bahan bakar energi yang tidak dapat diperbarui. Telah dijelaskan dalam al-Qur'an bahwa "Janganlah kau berlebihan, karena Allah tidak menyukai orang yang berlebihan".

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitiandan pembahasanyang dilakukandapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Alat ukur yang dirancang dapat digunakan untuk mengukur, merekam, monitoring arus dan tegangan tiap 2 detik. *Sd card module* digunakan sebagai fungsionalitas *data logger* untuk media penyimpanan. Sistem monitoring tersebut dapat mencatat arus dan tegangan secara *realtime* yang dihasilkan oleh kinerja panel surya dan otomatis tersimpan ke *micro sd* dalam bentuk file “logger.txt” setiap 2 detik.
2. Energi yang dihasilkan tiap harinya tidak jauh berbeda. Prosentase hasil energi hari ke 1 yaitu 119.551%, hari ke 2 yaitu 137.182%, hari ke 3 yaitu 115.15% dan hari ke 4 yaitu 108.008%. Hasil analisis *output* daya dan hasil perbandingan antara penggunaan sel surya statis yang dipasang tegak lurus dengan sel surya dinamis menjelaskan bahwa hasil *output* panel surya dinamis lebih besar dari panel surya statis. Hasil perbandingan daya (P) berbanding lurus dengan waktu (t) dari keseluruhan data perhari.

5.2 Saran

Adapun saran yang didapat dari hasil penelitian tersebut untuk pengembangan yang lebih lanjut, maka:

1. Pembuatan alat ukur menggunakan I2C LCD agar tidak langsung menggunakan serial monitor di PC yang mengakibatkan mendapat *supply* tambahan ketika pengisian daya.
2. Pembuatan sistem alat ukur dapat dikembangkan lagi dengan menambah sensor pendeteksi intensitas cahaya matahari, untuk dapat mengetahui posisi panel pada intensitas tertinggi.
3. Penyimpanan data dalam *micro sd* bisa dikembangkan untuk dapat menyimpan file bentuk “logger.txt” lebih dari 1 data.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Maraghi. 1989. *Tafsir al-Maraghi*. Beirut: Dar al-Fikr.
- Al-Quran dan Terjemahannya. 2008. *Departemen Agama RI*. Bandung: Diponegoro.
- Al-Qurthubi, Syaikh Imam. 2009. *Tafsir al-Qurthubi Juz 'Amma*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Artanto, D. 2012. *Interaksi Arduino dan Labview*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Effendy. 2010. *Logam, Aloi, Semikonduktor, dan Superkonduktor*. Malang: Bayumedia
- Elsa, Alfiansyah. 2009. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik pada Fotovoltaik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler Atmega 16*. Depok: Skripsi UI Depok.
- <https://www.arduino.cc>. Diakses pada 20 Januari 2018.
- <http://datalogger.pbworks.com>. Diakses pada 15 Desember 2018.
- <https://www.instructables.com>. Diakses pada 12 Januari 2018.
- <http://www.wecl.com.hk>. Diakses pada 20 Januari 2018.
- Hamdani, Dadan, Dkk. 2011. *Analisis Kinerja Solar Photovoltaic System (Sps) Berdasarkan Tinjauan Efisiensi Energi dan Eksegi*. Jurnal Material dan Energi Indonesia. Vol 01. No 02.
- Jha, A.R. 2010. *Solar Cell Technology and Application*. USA: Taylor and Francis Group.
- Ludin, N.A, dkk. 2014. *Review on The Development of Nature Dye Photosensitizer for Dye Sensitized Solar Cell*. Renewable and Suinable Energi, 336-396.
- Melipurbowo, B G. 2016. *Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS712*. Semarang: Politeknik Negeri Semarang.
- Murtono. 2005. *Pendidikan Sains dalam Alquran*. Jurnal Pendidikan Agama Islam Vol.II, No. 2.
- Murtono. 2008. *Konsep Cahaya dalam Al-qur'an dan Sains*. Jurnal Kaunia.Vol. IV, No. 2.

- Pande, Winata Putih Teguh. 2016. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatat Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino*. E-Journal Spektrum Vol. 3, No. 1.
- Pruit, D. 2001. *The Simulation of Building Integrated Photovoltaics in Commercial Office Buildings*. Rio De Janeiro: Seventh International IBPSA Conference.
- Quaschnig, Volker. 2005. *Understanding Renewable Energy System*. London: Sterling VA Eartscan.
- Robert & Shrader. 1998. *Konstruksi Transformer Elektronik Communication*. McGraw-Hill Companies.
- Rusmadi, D. 2009. *Mengenal Komponen Elektronika*. Bandung: Pionir Jaya.
- Sanjaya, M. 2016. *Robot Cerdas Berbasis Speech Recognition- Menggunakan Matlab dan Arduino*. Yogyakarta: Andi.
- Shihab, Quraish. 2002. *Tafsir al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sudrajat, A. 2007. *Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Desain Sistem, Cara Kerja, Pengoperasian dan Perawatan. Edisi Pertama*. Jakarta: BPPT-Press.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suryono, dkk. 2009. *Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 Terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa*. Jurnal Berla Fisika. Vol. 12, No. 1
- Susanto, H. 2013. *Perancangan Sitem Telemetry Wireless untuk Mengukur Suhu dan Kelembapan Berbasis Arduino Uno R3 Atmega328p dan xBee Pro*. Tanjung Pinang: Skripsi Fakultas Teknik Univ Maritim Raja Ali Haji.
- Syahrial, Ego. 2012. *Kajian Indonesia Energy Outlook*. Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Syawil, M. 2014. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktik Mikrokontroler Arduino + CD*. Yogyakarta: Andi.
- Wardhana, Wisnu. 2004. *Alquran dan Energi Nuklir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset.
- Wibowo, Hariyanto, 2009. *Studi Penggunaan Solar Reflector untuk Optimalisasi Output Daya pada Photovoltaic (PV)*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

www.guruelektronika.com. Modul Panel Surya 20 Wp. Diakses pada 20 Januari 2018.

www.Datasheet_arduino_voltage_sensor_module.com. Diakses pada 29 November 2018.

www.Datasheet.com. Diakses pada 29 November 2018.

www.Datasheet_modul_RTCDS307.com. Diakses pada 29 November 2018.

www.Data_Sheet_Panel_Surya_20_Wp.com. Diakses pada 1 Februari 2018.

www.DatasheetSDcardmodule.com. Diakses pada 29 November 2018.

www.MAXIM_Datasheet.com. Diakses pada 25 November 2018.

Yohana, Eflita & Darmanto. 2012. *Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak dengan Posisi Mengikuti Pergerakan Arah Matahari*. Diponegoro: Univ Diponegoro, Jurnal Vol. 11, No. 1.

Zainuddin, Ali. 2016. *Fabrikasi dan Karakteristisasi Heterojunction Solar Cell Berbahan Cu₂O dan Komposit MgO-SnO₂*. Malang: Skripsi UIN Malang

Zulfikar, Zulhelmi. Dkk. 2016. *Desain Sitem Kontrol Penyalaan Lampu & Perangkat Elektronik untuk Meninjau Keberadaan Penghuni Rumah*. Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol. 05, No. 1.



LAMPIRAN



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Penelitian Tanggal 17 Desember 2018

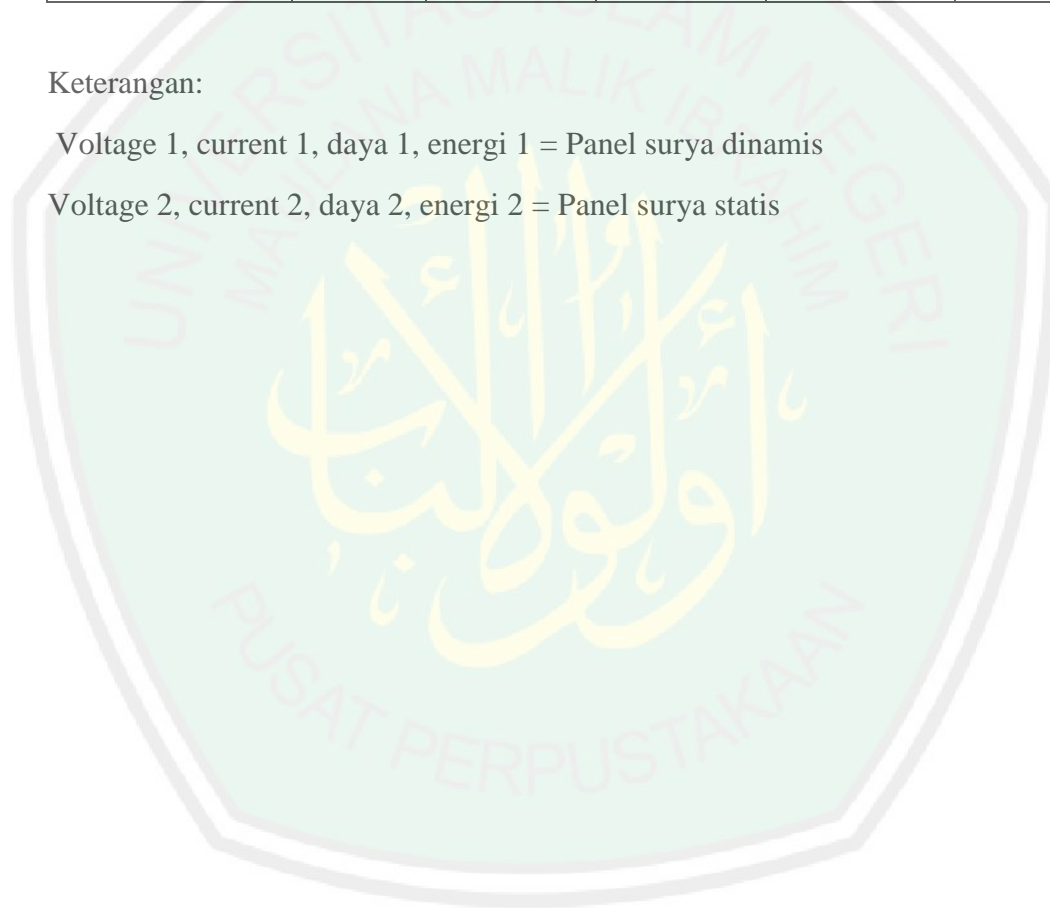
Date	Time	Voltage 1 (V)	Voltage 2 (V)	Current 1 (A)	Current 2 (A)	Daya/P (W)	Daya/P 2 (W)	Energi 1 (Joule)	Energi 2 (Joule)
2018/12/17 (Monday)	9:00	6.024	14.792	0.149221	0.172707	0.898907	2.554682	-	-
	9:10	14.765	16.956	0.175843	0.201903	2.596322	3.423467	25.96322	34.23467
	9:20	14.87	17.597	0.177751	0.210677	2.643157	3.707283	26.43157	37.07283
	9:30	15.69	17.443	0.184407	0.209493	2.893346	3.654186	28.93346	36.54186
	9:40	17.773	17.693	0.21429	0.213324	3.808576	3.774342	38.08576	37.74342
	9:50	18.16	17.233	0.220826	0.207223	4.0102	3.571074	40.102	35.71074
	10:00	18.404	17.678	0.226736	0.211328	4.172849	3.735856	41.72849	37.35856
	10:10	18.257	17.431	0.230839	0.209852	4.214428	3.65793	42.14428	36.5793
	10:20	17.703	17.146	0.352973	0.231704	6.248681	3.972797	62.48681	39.72797
	10:30	18.069	16.899	0.27845	0.212066	5.031313	3.583703	50.31313	35.83703
	10:40	18.302	16.751	0.24109	0.201449	4.412429	3.374472	44.12429	33.74472
	10:50	18.412	16.847	0.237099	0.200261	4.365467	3.373797	43.65467	33.73797
	11:00	18.493	17.303	0.227973	0.204926	4.215905	3.545835	42.15905	35.45835
	11:10	18.606	17.835	0.229152	0.211914	4.263602	3.779486	42.63602	37.79486
	11:20	18.717	17.199	0.229123	0.203841	4.288495	3.505861	42.88495	35.05861
	11:30	18.726	17.023	0.227517	0.201124	4.260483	3.423734	42.60483	34.23734
	11:40	18.919	17.203	0.230103	0.202249	4.353319	3.47929	43.53319	34.7929
	11:50	18.314	16.384	0.22194	0.192661	4.064609	3.156558	40.64609	31.56558
	12:00	18.704	16.98	0.223046	0.198853	4.171852	3.376524	41.71852	33.76524
	12:10	18.477	17.085	0.225569	0.199674	4.167838	3.41143	41.67838	34.1143
	12:20	18.295	17.015	0.230601	0.200367	4.218845	3.409245	42.18845	34.09245
	12:30	18.43	17.136	0.232855	0.200325	4.291518	3.432769	42.91518	34.32769
	12:40	18.15	17.046	0.231834	0.199218	4.207787	3.39587	42.07787	33.9587
	12:50	18.441	17.395	0.236007	0.203763	4.352205	3.544457	43.52205	35.44457

	13:00	18.357	17.659	0.235264	0.207617	4.318741	3.666309	43.18741	36.66309
	13:10	18.52	17.405	0.355251	0.204036	6.579249	3.551247	65.79249	35.55829
	13:20	18.674	17.396	0.223828	0.204405	4.179764	3.555829	41.79764	35.55829
	13:30	18.63	17.496	0.223676	0.205946	4.167084	3.603231	41.67084	36.03231
	13:40	17.944	16.528	0.290222	0.193532	5.207744	3.198697	52.07744	31.98697
	13:50	15.468	16.612	0.27003	0.199131	4.176824	3.307964	41.76824	33.07964
	14:00	17.293	17.193	0.23904	0.206684	4.133719	3.553518	41.33719	35.53518
	14:10	16.85	17.626	0.237868	0.210677	4.008076	3.713393	40.08076	37.13393
	14:20	16.83	17.494	0.241189	0.209288	4.059211	3.661284	40.59211	36.61284
	14:30	16.65	17.44	0.229796	0.207248	3.826103	3.614405	38.26103	36.14405
	14:40	17.001	17.46	0.235329	0.207877	4.000828	3.629532	40.00828	36.29532
	14:50	16.292	17.292	0.225	0.205208	3.6657	3.548457	36.657	35.48457
	15:00	16.162	16.367	0.219935	0.193512	3.554589	3.167211	35.54589	31.67211

Keterangan:

Voltage 1, current 1, daya 1, energi 1 = Panel surya dinamis

Voltage 2, current 2, daya 2, energi 2 = Panel surya statis



Lampiran 2. Tabel Data Penelitian Tanggal 18 Desember 2018

Date	Time	Voltage 1 (V)	Voltage 2 (V)	Current 1 (A)	Current 2 (A)	Daya/P 1 (W)	Daya/P 2 (W)	Energi 1 (Joule)	Energi 2 (Joule)
18/12/2018 (Tuesday)	9:00	17.648	15.507	0.23209	0.17011	4.09599	2.63793	-	-
	9:10	17.263	15.993	0.24671	0.18015	4.25899	2.88117	42.5899	28.8117
	9:20	17.603	14.173	0.24681	0.18579	4.34458	2.63322	43.4458	26.3322
	9:30	16.965	13.749	0.22833	0.16424	3.87362	2.25808	38.7362	22.5808
	9:40	16.36	15.619	0.2115	0.15608	3.46016	2.43777	34.6016	24.3777
	9:50	17.257	16.023	0.21888	0.17637	3.77721	2.82601	37.7721	28.2601
	10:00	18.422	17.467	0.23457	0.18136	4.32125	3.16778	43.2125	31.6778
	10:10	17.812	16.7	0.22719	0.20037	4.04673	3.34615	40.4673	33.4615
	10:20	18.394	17.181	0.32508	0.19297	5.97947	3.31538	59.7947	33.1538
	10:30	17.713	16.819	0.22862	0.20071	4.04962	3.37579	40.4962	33.7579
	10:40	17.371	16.336	0.22425	0.19686	3.89546	3.21592	38.9546	32.1592
	10:50	18.142	17.362	0.23556	0.19053	4.27346	3.30793	42.7346	33.0793
	11:00	17.938	17.228	0.23542	0.20396	4.223	3.51387	42.23	35.1387
	11:10	17.046	15.997	0.21866	0.20217	3.72721	3.23411	37.2721	32.3411
	11:20	17.971	17.043	0.23375	0.18624	4.20079	3.17411	42.0079	31.7411
	11:30	17.096	16.731	0.25906	0.19852	4.42891	3.32151	44.2891	33.2151
	11:40	17.353	16.643	0.26804	0.19375	4.65123	3.26349	46.5123	32.6349
	11:50	17.775	16.891	0.2526	0.19321	4.49004	3.26349	44.9004	32.6349
	12:00	17.524	16.588	0.24552	0.19362	4.30246	3.21175	43.0246	32.1175
	12:10	17.512	16.611	0.23672	0.19115	4.14546	3.17526	41.4546	31.7526
	12:20	17.538	16.657	0.23754	0.19245	4.16603	3.20559	41.6603	32.0559
	12:30	17.527	16.356	0.231	0.18854	4.04874	3.08378	40.4874	30.8378
	12:40	17.786	16.975	0.23452	0.19299	4.17121	3.27601	41.7121	32.7601
	12:50	17.343	16.529	0.23001	0.19175	3.98912	3.16949	39.8912	31.6949
	13:00	17.272	16.398	0.24208	0.19173	4.18114	3.144	41.8114	31.44
	13:10	17.244	16.718	0.24715	0.19523	4.2618	3.26377	42.618	32.6377
	13:20	17.486	16.786	0.24371	0.19659	4.26143	3.29999	42.6143	32.9999
	13:30	16.682	14.017	0.21896	0.16126	3.65264	2.26042	36.5264	22.6042
	13:40	16.878	15.494	0.22886	0.17919	3.86273	2.77634	38.6273	27.7634

	13:50	15.496	14.854	0.21547	0.17103	3.33897	2.54045	33.3897	25.4045
	14:00	13.265	13.913	0.18134	0.15907	2.40542	2.21315	24.0542	22.1315
	14:10	7.307	12.26	0.95269	0.13618	6.96131	1.66952	69.6131	16.6952
	14:20	6.466	10.026	0.22873	0.12083	1.47898	1.21147	14.7898	12.1147
	14:30	6.118	9.433	0.2952	0.18682	1.80603	1.76231	18.0603	17.6231
	14:40	5.24	8.873	0.16476	0.10903	0.86334	0.96741	8.63342	9.67405
	14:50	4.842	8.425	0.17725	0.11649	0.85822	0.98139	8.5822	9.81386
	15:00	4.2345	7.3667	0.11134	0.11111	0.47147	0.81851	4.71469	8.18514

Keterangan:

Voltage 1, current 1, daya 1, energi 1 = Panel surya dinamis

Voltage 2, current 2, daya 2, energi 2 = Panel surya statis



Lampiran 3. Tabel Data Penelitian Tanggal 22 Desember 2018

Date	Time	Voltage 1 (V)	Voltage 2 (V)	Current 1 (A)	Current 2 (A)	Daya/P 1 (W)	Daya/P 2 (W)	Energi 1 (Joule)	Energi 2 (Joule)
2018/12/22 (Saturday)	9:00	17.921	10.24	0.217549	0.113774	3.898696	1.165046	-	-
	9:10	17.828	11.379	0.217252	0.113433	3.873169	1.290754	38.73169	12.907
	9:20	17.955	14.624	0.219182	0.127833	3.935413	1.86943	39.35413	18.694
	9:30	17.897	14.3	0.216059	0.170638	3.866808	2.440123	38.66808	24.401
	9:40	17.732	13.768	0.214843	0.166102	3.809596	2.286892	38.09596	22.868
	9:50	17.569	16.294	0.212103	0.15823	3.726438	2.5782	37.26438	25.782
	10:00	18.511	16.771	0.24375	0.19151	4.512056	3.211814	45.12056	32.118
	10:10	18.61	15.004	0.244565	0.204471	4.551355	3.067883	45.51355	30.678
	10:20	17.077	17.389	0.239501	0.197727	4.089959	3.438275	40.89959	34.382
	10:30	18.687	17.439	0.239155	0.210746	4.469089	3.675199	44.69089	36.751
	10:40	18.701	17.368	0.23371	0.20844	4.370611	3.620186	43.70611	36.201
	10:50	18.346	17.465	0.227075	0.20415	4.165918	3.56548	41.65918	35.654
	11:00	18.18	17.532	0.221013	0.205659	4.018016	3.605614	40.18016	36.056
	11:10	18.098	17.184	0.219857	0.209202	3.978972	3.594927	39.78972	35.949
	11:20	17.591	17.064	0.213041	0.210993	3.747604	3.600385	37.47604	36.003
	11:30	17.954	17.205	0.218107	0.200444	3.915893	3.448639	39.15893	34.486
	11:40	16.827	16.43	0.203125	0.197662	3.417984	3.247587	34.17984	32.475
	11:50	18.675	16.843	0.226845	0.195054	4.23633	3.285295	42.3633	32.852
	12:00	17.51	17.004	0.217568	0.1984	3.809616	3.373594	38.09616	33.735
	12:10	17.782	6.964	0.222519	0.19958	3.956833	1.389875	39.56833	13.898
	12:20	17.885	17.152	0.218076	0.200573	3.900289	3.440228	39.00289	34.402
	12:30	14.385	17.061	0.220964	0.19968	3.178567	3.40674	31.78567	34.0674
	12:40	12.082	17.055	0.211734	0.199505	2.55817	3.402558	25.5817	34.025
	12:50	17.803	17.191	0.19299	0.20299	3.435801	3.489601	34.35801	34.891

	13:00	16.862	17.399	0.216264	0.205219	3.646644	3.570605	36.46644	35.706
	13:10	18.19	17.813	0.233581	0.2091	4.248838	3.724698	42.48838	37.246
	13:20	18.044	18.763	0.23344	0.204744	4.212191	3.841612	42.12191	38.416
	13:30	17.068	18.345	0.224163	0.218528	3.826014	4.008896	38.26014	40.088
	13:40	14.933	18.405	0.220825	0.217564	3.29758	4.004265	32.9758	40.042
	13:50	15.461	18.591	0.226284	0.221577	3.498577	4.119338	34.98577	41.193
	14:00	15.007	18.149	0.218013	0.216225	3.271727	3.924268	32.71727	39.242
	14:10	12.424	16.536	0.181793	0.195479	2.258596	3.232441	22.58596	32.324
	14:20	5.155	10.345	0.75049	0.115634	3.868776	1.196234	38.68776	11.962
	14:30	4.632	8.656	0.66978	0.98154	3.102421	8.49621	31.02421	84.96
	14:40	7.538	12.995	0.112869	0.15219	0.850807	1.977709	8.508065	19.777
	14:50	5.028	10.651	0.7808	0.124252	3.925862	1.323408	39.25862	13.234
	15:00	4.987	9.577	0.5432	0.12238	2.708938	1.172033	27.08938	11.7203

Keterangan:

Voltage 1, current 1, daya 1, energi 1 = Panel surya dinamis

Voltage 2, current 2, daya 2, energi 2 = Panel surya statis

Lampiran 4. Tabel Data Penelitian Tanggal 23 Desember 2018

Date	Time	Voltage 1 (V)	Voltage 2 (V)	Current 1 (A)	Current 2 (A)	Daya/P 1 (W)	Daya/P 2 dinamis)	Energi 1 (Joule)	Energi 2 (Joule)
23/12/2018 (Sunday)	9:00	17.112	18.254	0.222	0.215	3.802	3.933	-	-
	9:10	17.291	18.555	0.213	0.220	3.685	4.085	36.856	40.851
	9:20	17.398	18.728	0.225	0.228	3.924	4.279	39.245	42.795
	9:30	17.187	18.672	0.223	0.228	3.834	4.268	38.346	42.680
	9:40	17.888	18.676	0.219	0.228	3.919	4.269	39.191	42.692
	9:50	17.375	18.748	0.212	0.230	3.694	4.314	36.940	43.143
	10:00	18.237	18.053	0.212	0.222	3.874	4.010	38.741	40.107
	10:10	18.398	18.321	0.210	0.220	3.881	4.048	38.812	40.486
	10:20	18.492	18.333	0.246	0.185	4.563	3.406	45.639	34.061
	10:30	18.091	18.562	0.228	0.164	4.130	3.048	41.307	30.489
	10:40	18.431	18.421	0.211	0.156	3.898	2.875	38.981	28.750
	10:50	17.523	18.221	0.218	0.176	3.835	3.213	38.354	32.134
	11:00	17.222	18.003	0.234	0.181	4.039	3.264	40.397	32.649
	11:10	17.103	18.003	0.227	0.200	3.885	3.607	38.856	36.072
	11:20	17.351	18.013	0.325	0.192	5.640	3.475	56.404	34.759
	11:30	18.203	17.271	0.228	0.200	4.161	3.466	41.616	34.665
	11:40	18.562	17.101	0.224	0.196	4.162	3.366	41.625	33.665
	11:50	18.896	18.306	0.235	0.190	4.451	3.487	44.510	34.877
	12:00	18.994	18.418	0.235	0.203	4.471	3.756	44.716	37.565
	12:10	18.789	18.713	0.218	0.202	4.108	3.783	41.083	37.832
	12:20	18.958	18.952	0.233	0.186	4.431	3.529	44.315	35.296
	12:30	17.799	16.459	0.211	0.188	3.761	3.102	37.618	31.025
	12:40	18.091	18.016	0.213	0.209	3.859	3.772	38.592	37.724
	12:50	18.615	18.638	0.221	0.218	4.120	4.079	41.205	40.790

	13:00	18.624	18.527	0.224	0.218	4.188	4.039	41.883	40.399
	13:10	18.679	18.767	0.231	0.222	4.315	4.181	43.154	41.818
	13:20	17.98	18.676	0.229	0.222	4.130	4.149	41.305	41.490
	13:30	17.251	18.677	0.232	0.221	4.009	4.144	40.094	41.445
	13:40	17.307	17.503	0.220	0.205	3.814	3.604	38.148	36.043
	13:50	16.554	17.003	0.223	0.208	3.692	3.547	36.926	35.476
	14:00	14.299	16.846	0.214	0.195	3.067	3.296	30.670	32.964
	14:10	13.334	15.93	0.183	0.183	2.447	2.926	24.477	29.260
	14:20	13.393	14.592	0.162	0.168	2.177	2.463	21.77	24.630
	14:30	14.305	16.306	0.174	0.184	2.489	3.016	24.890	30.163
	14:40	15.38	16.316	0.187	0.186	2.880	3.050	28.804	30.507
	14:50	15.337	12.275	0.168	0.138	2.578	1.696	25.783	16.964
	15:00	13.382	11.562	0.152	0.123	2.039	1.429	20.394	14.291

Keterangan:

Voltage 1, current 1, daya 1, energi 1 = Panel surya dinamis

Voltage 2, current 2, daya 2, energi 2 = Panel surya statis



Lampiran 5. Data Nilai Error Panel Surya Dinamis Tanggal 17 Desember 2018

Date	Time	Voltage (V)	Current (A)	Daya (W)	Error Voltage (V) %	Error Current (A) %	Error Daya (W) %
2018/12/17 (Monday)	9:00	6.024	0.149	0.898	69.421	-24.350	61.975
	9:10	14.76	0.175	2.596	25.804	-17.228	13.021
	9:20	14.87	0.177	2.643	22.953	-4.5594	-12.99
	9:30	15.69	0.184	2.893	18.493	26.237	39.878
	9:40	17.77	0.214	3.808	12.791	58.790	64.061
	9:50	18.16	0.220	4.010	9.741	63.195	66.780
	10:00	18.40	0.226	4.172	8.025	54.652	58.292
	10:10	18.25	0.230	4.214	9.439	37.611	43.500
	10:20	17.70	0.352	6.248	7.314	34.634	39.415
	10:30	18.06	0.278	5.031	5.447	23.920	28.065
	10:40	18.30	0.241	4.412	4.178	52.727	54.702
	10:50	18.41	0.237	4.365	4.104	-142.33	59.398
	11:00	18.49	0.227	4.215	2.668	56.986	58.134
	11:10	18.60	0.229	4.263	6.97	49.0773	52.626
	11:20	18.71	0.229	4.288	10.014	59.085	63.182
	11:30	18.72	0.227	4.260	7.251	5.201	12.075
	11:40	18.91	0.230	4.353	5.875	66.161	68.149
	11:50	18.31	0.221	4.064	9.381	20.735	28.171
	12:00	18.70	0.223	4.171	9.729	75.217	77.628
	12:10	18.47	0.225	4.167	11.508	-7.413	4.948
	12:20	18.29	0.230	4.218	4.564	-9.81	-4.797
	12:30	18.43	0.232	4.291	10.141	-8918.9	-10.12
	12:40	18.15	0.231	4.207	7.586	64.873	67.538
	12:50	18.44	0.236	4.352	11.553	76.399	63.731
	13:00	18.35	0.235	4.318	10.102	1.973	11.876
	13:10	18.52	0.355	6.579	8.543	64.474	67.509
	13:20	18.67	0.223	4.179	8.009	-347.65	-311.7
	13:30	18.63	0.223	4.167	4.018	74.867	75.877
	13:40	17.94	0.290	5.207	7.025	70.977	73.016
	13:50	15.46	0.270	4.176	19.854	75.451	80.325
	14:00	17.29	0.239	4.133	9.460	76.096	78.357
	14:10	16.85	0.237	4.008	11.315	0.700	84.139
	14:20	16.83	0.241	4.059	0.119	78.290	80.890
	14:30	16.65	0.229	3.826	2.058	11.616	13.436
	14:40	17	0.235	4	1.156	-12.06	-10.76
	14:50	16.29	0.225	3.665	2.501	-12.5	-9.685
	15:00	16.16	0.219	3.554	0.480	78.006	78.112
	Rata-Rata	17.385	0.233	4.108	10.259	-219.97	35.368

Lampiran 6. Data Eror Panel Surya Statis Tanggal 17 Desember 2018

Date	Time	Voltage (V)	Current (A)	Daya (W)	Eror Voltage (V) %	Eror Current (A) %	Eror Daya (W) %
2018/12/17 (Monday)	9:00	14.792	0.172707	2.55468	25.4059	30.9172	48.4683
	9:10	16.956	0.201903	3.42346	12.6879	22.345	32.1978
	9:20	17.597	0.210677	3.70728	10.8109	15.7292	24.8396
	9:30	17.443	0.209493	3.65418	9.19833	38.3844	44.0520
	9:40	17.693	0.213324	3.77434	13.7768	55.5575	61.6802
	9:50	17.233	0.207223	3.57107	13.8780	49.4578	56.4720
	10:00	17.678	0.211328	3.73585	11.61	49.6838	55.5255
	10:10	17.431	0.209852	3.65793	98.8458	53.3662	59.3563
	10:20	17.146	0.231704	3.97279	14.6965	42.074	50.5871
	10:30	16.899	0.212066	3.58370	16.5069	35.7375	46.3453
	10:40	16.751	0.201449	3.37447	12.7552	48.3464	54.9349
	10:50	16.847	0.200261	3.37379	11.6570	12.93	23.0798
	11:00	17.303	0.204926	3.54583	10.1142	50.0180	55.0733
	11:10	17.835	0.211914	3.77948	6.13157	103.079	-9846.02
	11:20	17.199	0.203841	3.50586	11.6187	50.2826	56.0591
	11:30	17.023	0.201124	3.42373	10.9209	37.1487	44.0127
	11:40	17.203	0.202249	3.47929	14.8366	74.0706	77.9176
	11:50	16.384	0.192661	3.15655	18.08	-1.4005	16.9326
	12:00	16.98	0.198853	3.37652	16.4370	1855.91	78.6964
	12:10	17.085	0.199674	3.41143	14.575	42.9502	51.2652
	12:20	17.015	0.200367	3.40924	13.0557	66.0394	70.4732
	12:30	17.136	0.200325	3.43276	14.32	51.1402	58.1369
	12:40	17.046	0.199218	3.39587	10.2842	80.0782	82.127
	12:50	17.395	0.203763	3.54445	13.0684	0.77359	80.3184
	13:00	17.659	0.207617	3.66630	14.5256	0.77913	81.1213
	13:10	17.405	0.204036	3.55124	9.28608	-45.74	-31.2263
	13:20	17.396	0.204405	3.55582	9.39583	-2.2025	7.40027
	13:30	17.496	0.205946	3.60323	7.91578	58.8108	62.0712
	13:40	16.528	0.193532	3.19869	11.6149	-61.276	-42.5444
	13:50	16.612	0.199131	3.30796	8.11946	31.3341	36.9094
	14:00	17.193	0.206684	3.55351	-21.64	-72.236	-109.514
	14:10	17.626	0.210677	3.71339	-4.9791	4.23772	-0.53042
	14:20	17.494	0.209288	3.66128	9.02756	-109.28	-90.3944
	14:30	17.44	0.207248	3.61440	9.23529	1.31047	9.46105
	14:40	17.46	0.207877	3.62953	8.10526	30.7076	36.3239
	14:50	17.292	0.205208	3.54845	-20.417	-71.006	-105.923
	15:00	16.367	0.193512	3.16721	-16.907	35.496	24.5902
	Rata-rata	17.1361	0.2042	3.5031	11.5825	72.0420	-236.209

Lampiran 7. Data Nilai Eror Panel Surya Dinamis Tanggal 18 Desember 2018

Date	Time	Voltage (V)	Current (A)	Daya (W)	Error Voltage (V) %	Error Current (A) %	Error Daya (W) %
18/12/2018 (Tuesday)	9:00	17.648	0.232	4.095	564.51	67.3107	69.968
	9:10	17.263	0.246	4.2589	564.512	65.251	70.304
	9:20	17.603	0.246	4.344	548.967	69.529	73.447
	9:30	16.965	0.228	3.873	548.96	71.811	76.325
	9:40	16.36	0.211	3.460	548.967	73.888	78.873
	9:50	17.257	0.218	3.777	4.926	69.6	74.054
	10:00	18.422	0.234	4.321	492.610	67.420	69.946
	10:10	17.812	0.227	4.046	493.096	76.817	79.322
	10:20	18.394	0.325	5.979	493.096	66.828	69.869
	10:30	17.713	0.228	4.049	435.081	78.226	80.954
	10:40	17.371	0.224	3.895	435.081	78.642	81.679
	10:50	18.142	0.235	4.273	488.216	78.209	80.477
	11:00	17.938	0.235	4.223	488.216	78.221	80.486
	11:10	17.046	0.218	3.727	437.880	79.754	82.761
	11:20	17.971	0.233	4.200	437.880	78.356	80.744
	11:30	17.096	0.259	4.428	438.313	76.167	79.829
	11:40	17.353	0.268	4.651	438.313	75.341	78.605
	11:50	17.775	0.252	4.490	444.231	76.146	78.800
	12:00	17.524	0.245	4.302	444.231	76.816	79.757
	12:10	17.512	0.236	4.145	443.809	78.182	80.963
	12:20	17.538	0.237	4.166	443.809	78.106	80.705
	12:30	17.527	0.231	4.048	462.877	76.9	79.654
	12:40	17.786	0.234	4.171	462.877	76.547	78.609
	12:50	17.343	0.230	3.989	470.251	74.443	77.27
	13:00	17.272	0.242	4.181	470.251	73.102	76.139
	13:10	17.244	0.247	4.261	500.1	73.425	76.463
	13:20	17.486	0.243	4.261	500.1	73.795	76.985
	13:30	16.682	0.218	3.652	534.162	75.671	79.615
	13:40	16.878	0.228	3.862	534.162	74.570	78.432
	13:50	15.496	0.215	3.338	582.699	72.016	78.209
	14:00	13.265	0.181	2.405	582.699	76.449	81.795
	14:10	7.307	0.952	6.961	654.236	-58.781	32.388
	14:20	6.466	0.228	1.478	654.236	61.878	87.594
	14:30	6.118	0.295	1.806	813.404	45.333	83.168
	14:40	5.24	0.164	0.863	813.404	69.488	92.108
	14:50	4.842	0.177	0.858	1974.33	66.557	92.007
	15:00	4.234	0.111	0.471	1974.33	78.992	95.600
	Rata-rata	15.3852	0.2495	3.7650	584.29	69.4866	78.2136

Lampiran 8. Data Eror Panel Surya Statis Tanggal 18 Desember 2018

Date	Time	Voltage (V)	Current (A)	Daya (W)	Eror Voltage (V) %	Eror Current (A) %	Eror Daya (W) %
18/12/2018 (Tuesday)	9:00	15.507	0.1701	2.637	22.965	80.669	85.108
	9:10	15.993	0.1801	2.881	20.551	79.528	83.735
	9:20	14.173	0.1857	2.633	29.975	79.356	85.544
	9:30	13.749	0.1642	2.258	32.070	81.751	87.603
	9:40	15.619	0.1560	2.437	22.831	82.658	86.617
	9:50	16.023	0.1763	2.826	21.068	82.362	86.078
	10:00	17.467	0.1813	3.167	13.955	81.864	84.395
	10:10	16.7	0.200	3.346	17.652	79.9632	83.500
	10:20	17.181	0.192	3.315	15.281	80.7032	83.651
	10:30	16.819	0.200	3.375	17.310	82.237	-76.191
	10:40	16.336	0.196	3.215	19.685	82.578	-69.484
	10:50	17.362	0.190	3.307	13.964	81.228	83.850
	11:00	17.228	0.2039	3.513	14.628	79.905	82.844
	11:10	15.997	0.202	3.234	20.846	82.108	85.838
	11:20	17.043	0.186	3.174	15.670	83.518	86.101
	11:30	16.731	0.198	3.321	17.132	82.431	85.441
	11:40	16.643	0.193	3.263	17.568	82.853	85.695
	11:50	16.891	0.193	3.263	16.711	82.593	85.502
	12:00	16.588	0.193	3.211	18.2053	82.556	85.732
	12:10	16.611	0.191	3.175	16.695	83.083	85.907
	12:20	16.657	0.192	3.205	16.464	82.969	85.773
	12:30	16.356	0.188	3.083	16.720	82.859	85.7259
	12:40	16.975	0.192	3.276	13.569	82.455	84.836
	12:50	16.529	0.191	3.169	16.053	82.245	85.095
	13:00	16.398	0.191	3.144	16.719	82.247	85.215
	13:10	16.718	0.195	3.263	16.41	80.477	83.681
	13:20	16.786	0.196	3.299	16.07	80.3408	83.500
	13:30	14.017	0.161	2.260	30.367	82.659	87.925
	13:40	15.494	0.179	2.776	23.030	80.732	85.169
	13:50	14.854	0.171	2.540	26.428	79.879	85.196
	14:00	13.913	0.159	2.213	39.276	81.285	87.103
	14:10	12.26	0.136	1.669	39.842	81.843	89.077
	14:20	10.026	0.120	1.211	50.804	83.888	92.074
	14:30	9.433	0.186	1.762	53.962	68.862	85.665
	14:40	8.873	0.109	0.967	56.695	81.828	92.131
	14:50	8.425	0.116	0.981	58.4156	53.406	80.624
	15:00	7.3667	0.111	0.818	63.639	55.556	83.839
	Rata-rata	15.0741	0.1768	2.7347	25.3844	79.9317	77.029

Lampiran 9. Prosentase Nilai Error Pengukuran Dinamis

1. Tanggal 17 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{10.259-17.384}{10.289} \times 100\% = -69.460 \%$$

$$I \text{ eror} = \frac{-219.97-0.2336}{-219.97} \times 100\% = 100.10 \%$$

$$P \text{ eror} = \frac{35.3689-4.1083}{35.3689} \times 100\% = 88.384 \%$$

2. Tanggal 18 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{4584.292}{584.292} \times 100\% = 97.363 \%$$

$$I \text{ eror} = \frac{69.4866-0.2459}{69.4866} \times 100\% = 99.640 \%$$

$$P \text{ eror} = \frac{78.21362-3.7650}{78.1362} \times 100\% = 95.186 \%$$

3. Tanggal 22 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{979.456-16.3219}{979.456} \times 100\% = 98.338\%$$

$$I \text{ eror} = \frac{77.567.567-0.2574}{77.567} \times 100\% = 99.668\%$$

$$P \text{ eror} = \frac{98.676-4.2657}{98.676} \times 100\% = 95.676\%$$

4. Tanggal 23 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{992.642-17.4678}{992.642} \times 100\% = 98.240 \%$$

$$I \text{ eror} = \frac{88.532-0.6521}{88.532} \times 100\% = 99.283\%$$

$$P \text{ eror} = \frac{112.5879-4.8894}{112.5879} \times 100\% = 95.657\%$$

Lampiran 10. Prosentase Nilai Error Pengukuran Statis

1. Tanggal 17 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{11.58254 - 17.13616}{11.58254} \times 100\% = -47.948 \%$$

$$I \text{ eror} = \frac{72.04201 - 0.204218}{72.04201} \times 100\% = 99.716 \%$$

$$P \text{ eror} = \frac{-236.209 - 3.50312}{-236.209} \times 100\% = 101.483 \%$$

2. Tanggal 18 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{25.38448 - 15.0741}{25.38448} \times 100\% = 40.6169\%$$

$$I \text{ eror} = \frac{79.93176 - 0.176881}{79.93176} \times 100\% = 99.778\%$$

$$P \text{ eror} = \frac{77.02959 - 2.734.784}{77.02959} \times 100\% = 96.449\%$$

3. Tanggal 22 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{27.5467 - 16.999}{27.5467} \times 100\% = 98.230 \%$$

$$I \text{ eror} = \frac{87.435 - 0.6742}{87.435} \times 100\% = 99.228\%$$

$$P \text{ eror} = \frac{212.366 - 3.5268}{212.366} \times 100\% = 98.339\%$$

4. Tanggal 23 Desember 2018

$$V \text{ eror} = \frac{27.7935 - 17.2435}{27.7935} \times 100\% = 37.958 \%$$

$$I \text{ eror} = \frac{90.2138 - 0.9155}{90.2138} \times 100\% = 98.985\%$$

$$P \text{ eror} = \frac{321.346 - 3.7341}{321.346} \times 100\% = 98.837\%$$

Lampiran 11. Sketch Pemrograman

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include "RTClib.h"

RTC_DS1307 rtc;
File data_file;
char days Of Week[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday",
"Friday", "Saturday"};
const int chipSelect = 4;

double Voltage1 = 0;
double Voltage2 = 0;
double Current1 = 0;
double Current2 = 0;
float Arus1=0;
float Arus2=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  rtc.begin();
  pinMode(charSelect, OUTPUT);

  Serial.print("Initializing SD card..."); // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present"); // don't do anything more:
    while (1);
  }
  Serial.println("card initialized.");
}
void loop() {
  DateTime now = rtc.now();

  Voltage1 = analogRead(A0)/30.62; //5/1024 = 0.0049) which converter measured analog
input voltage to 5 V Range
  Voltage2 = analogRead(A1)/30.62; //5/1024 = 0.0049) which converter measured analog
input voltage to 5 V Range
  Current1 = analogRead(A2)*3.69/0.7824; //convert ke tegangan dari ADC
  Current2 = analogRead(A3)*3.69/0.7824; //convert ke tegangan dari ADC

  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print(" (");
```

```

Serial.print(days Of Week[now.dayOfTheWeek()]);
Serial.print(" ");
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.print("\t Voltage1 (V) = "); //shows the measured
Serial.print(Voltage1,2); // the '2' after voltage allows you to display 2 digits after decimal
point
Serial.print("\t Voltage2 (V) = "); //shows the measured
Serial.print(Voltage2,2); // the '2' after voltage allows you to display 2 digits after decimal
point
Serial.print("\t Current1 (mA) = "); //shows the voltage measured
Serial.print( Current1,2); // the '2' after voltage allows you to display 2 digits after decimal
point
Serial.print("\t Current2 (mA) = "); //shows the voltage measured
Serial.println(Current2,2);

File dataFile=SD.open("logger.txt",FILE_WRITE);
if(dataFile){
  dataFile.print(now.year(), DEC);
  dataFile.print('/');
  dataFile.print(now.month(), DEC);
  dataFile.print('/');
  dataFile.print(now.day(), DEC);
  dataFile.print(" (");
  dataFile.print(days Of Week[now.day Of Week()]);
  dataFile.print(") ");
  dataFile.print(now.hour(), DEC);
  dataFile.print(':');
  dataFile.print(now.minute(), DEC);
  dataFile.print(':');
  dataFile.print(now.second(), DEC);

  dataFile.print("Voltage1: ");
  dataFile.print(Voltage1);
  dataFile.print("Voltage2: ");
  dataFile.print(Voltage2);
  dataFile.print(" Current1: ");
  dataFile.print(Current1);
  dataFile.print(" Current2: ");
  dataFile.println(Current2);
  dataFile.close();
}
else{
  Serial.println("failed");
}
delay(1000);

```




**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Laily Nur Wahidah
NIM : 14640044
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Energi Sel Surya Statis dengan Energi Sel Surya Dinamis Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Uno R3
Pembimbing I : Farid Samsu Hananto, M. T
Pembimbing II : Erika Rani, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	17 Januari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	17 Januari 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
3	17 Januari 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	
4	17 Januari 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	17 Januari 2019	Konsultasi Bab IV	
6	17 Januari 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab I, II, dan IV	
7	17 Januari 2019	Konsultasi Bab V	
8	17 Januari 2019	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
9	17 Januari 2019	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 17 Januari 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

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