



**SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK DAN  
PENGENDALI *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS)*  
DENGAN *INTERNET OF THINGS* UNTUK PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA SURYA**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
Program Studi Teknik Informatika

Oleh

Novi Kurniawan  
4611416001

**JURUSAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Sistem Monitoring Energi Listrik dan Pengendali *Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan *Internet of Things* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya” disusun atas dasar penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini. Dan saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan perundang-undangan.

Semarang, Maret 2020



Novi Kurniawan  
4611416001

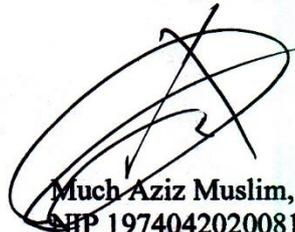
## **PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Nama : Novi Kurniawan  
NIM : 4611416001  
Program Studi : Teknik Informatika S1  
Judul Skripsi : Sistem Monitoring Energi Listrik dan Pengendali  
*Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan *Internet of Things*  
untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Informatika FMIPA UNNES.

Semarang, Maret 2020

Pembimbing



Much Aziz Muslim, S.Kom., M.Kom.  
NIP 197404202008121001

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Sistem Monitoring Energi Listrik dan Pengendali *Automatic Transfer Switch*  
(ATS) dengan *Internet of Things* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya

disusun oleh

Novi Kurniawan

4611416001

Telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada  
tanggal 22 Februari 2020.

Panitia:



Ketua  
Dr. Sugianto, M.Si.  
NIP 196102191993031001

Sekretaris

Dr. Alamsyah, S.Si., M.Kom.  
NIP 197405172006041001

Penguji 1

Dr. Alamsyah, S.Si., M.Kom.  
NIP 198805012014041001

Penguji 2

Endang Sugiharti, S.Si., M.Kom.  
NIP 197401071999032001

Anggota Penguji/  
Pembimbing

Much Aziz Muslim, S.Kom., M.Kom.  
NIP 197404202008121001

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

- Terasa sulit ketika aku merasa harus melakukan sesuatu. Tetapi, menjadi mudah ketika aku menginginkannya (Annie Gottlier).
- Hargai dirimu apa adanya (Novi Kurniawan).

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

- Kedua Orang Tua saya Bapak Wiyono dan Ibu Harmi yang telah mencurahkan keringatnya untuk membiayai pendidikan saya, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dukungannya.
- Adik saya, Dito Haryono yang telah memberikan dukungan serta doa yang terus dipanjatkan.
- Teman-teman saya di jurusan Ilmu Komputer, Fakultas MIPA, serta teman-teman di Universitas Negeri Semarang.
- Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
- Almamater, Universitas Negeri Semarang.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Monitoring Energi Listrik dan Pengendali *Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan *Internet of Things* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya”.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

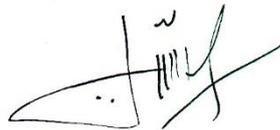
1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Sugianto, M.Si., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Alamsyah, S.Si., M.Kom., Ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah meluangkan waktu, membantu, membimbing, mengarahkan dan memberikan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Much Aziz Muslim, S.Kom., M.Kom., Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, membantu, membimbing, mengarahkan dan memberikan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan bekal kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kedua Orang Tua saya Bapak Wiyono dan Ibu Harmi yang telah mencurahkan keringatnya untuk membiayai pendidikan saya, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dukungannya.

7. Adik saya, Dito Haryono yang telah memberikan dukungan serta doa yang terus dipanjatkan.
8. Teman-teman terdekat saya di ruang D2-114, Anindya Putri Arunawati, Anisa Falasari, Diah Alifia Ekawati, Elham Esa Tifani, Tanzilal Mustaqim dan Sulistiana sebagai teman diskusi yang banyak memberikan dukungan dan motivasi.
9. Teman-teman saya di jurusan Ilmu Komputer, terutama teman-teman ilkom angkatan 2016 dan teman-teman Petani Digital (Giri, Bardizba, David, Rizal, Ayun, Ulvia, Nurinda, Margareta) yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
10. Teman-teman organisasi Hima Ilkom 2017, BPH Ilkom 2018, I-Secret, Sufivor Riptek Unnes dan Keluarga Mahasiswa Sukoharjo yang telah memberikan pengalaman selama kuliah.
11. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca di masa yang akan datang.

Semarang, Maret 2020

Penulis



Novi Kurniawan  
4611416001

## ABSTRAK

Novi Kurniawan. 2020. Sistem Monitoring Energi Listrik dan Pengendali *Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan *Internet of Things* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Skripsi, Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Much Aziz Muslim, S.Kom., M.Kom.

Kata kunci: Sistem Monitoring, *Automatic Transfer Switch*, *Internet of Things* NodeMCU ESP32.

*Internet of Things* adalah teknologi yang menghubungkan perangkat komunikasi dengan perangkat elektronik yang digunakan sehari-hari menggunakan internet sebagai media untuk berkomunikasi antara perangkat dengan pengguna. Penggunaan teknologi *IoT* dapat diimplementasikan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Teknologi *IoT* yang diimplementasikan pada penelitian ini untuk memantau dan mengontrol penggunaan baterai pada pembangkit listrik tenaga surya. Teknologi saat ini, penggunaan baterai hanya dapat dipantau dari dekat untuk mendapatkan informasi mengenai kapasitas baterai dan penggunaan baterai. Saat baterai dalam keadaan kosong atau tidak dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, tidak dilengkapi oleh pengalihan sumber listrik yang ada semisal listrik PLN. Maka, dibutuhkan sebuah teknologi terbaru untuk mendapatkan informasi tentang baterai dan pengalihan sumber listrik yang dapat diakses dari jarak jauh dan dapat diakses melalui internet. Perancangan *smart monitoring system* ini mempunyai tahapan yaitu *planning*, *design*, *coding*, dan *test*. Hasil dari penelitian ini adalah dapat melihat data berupa kapasitas baterai, arus listrik dan daya listrik yang digunakan pada aplikasi *Android*. Data-data tersebut didapat dari sensor yang berada pada *smart monitoring* yang terhubung pada jaringan internet dan disimpan pada *database* server. Kemudian data yang berada pada *database* server akan diambil oleh aplikasi untuk ditampilkan kepada pengguna berupa grafik dan list penggunaan. Selanjutnya *system Automatic Transfer Switch* bekerja jika sensor kapasitas baterai sudah membaca kurang dari 11.4V maka *relay* akan memindahkan kebutuhan listrik ke PLN secara otomatis. Aplikasi *smartphone Android* digunakan sebagai alat monitoring untuk melihat data secara *realtime*.

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Batasan Masalah .....	5
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
1.6.1 Bagian Awal Skripsi .....	6
1.6.2 Bagian Isi Skripsi .....	6
1.6.3 Bagian Akhir Skripsi.....	7

BAB 2.....	8
2.1. <i>Photovoltaic</i> .....	8
2.2. <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	10
2.3. <i>Sejarah Internet of Things</i> .....	11
2.4. <i>Mikrokontroler (NodeMCU)</i> .....	12
2.5. <i>Pemrograman NodeMCU</i> .....	14
2.6. <i>Sensor Tegangan dan Arus</i> .....	17
2.7. <i>Android</i> .....	18
2.8. <i>Automatic Transfer Switch (ATS)</i> .....	19
2.9. <i>Penelitian Terkait</i> .....	23
2.10. <i>Kerangka Berpikir</i> .....	26
BAB 3.....	28
3.1. <i>Variabel Penelitian</i> .....	28
3.2. <i>Identifikasi Kebutuhan</i> .....	28
3.2.1 <i>Analisis Kebutuhan</i> .....	28
3.2.2 <i>Alat dan Bahan</i> .....	29
3.3. <i>Desain Penelitian</i> .....	30
3.3.1 <i>Planning</i> .....	32
3.3.2 <i>Design</i> .....	34
3.3.3 <i>Coding</i> .....	38
3.3.4 <i>Test</i> .....	38
3.3.5 <i>Evaluasi</i> .....	39
3.4. <i>Penarikan Kesimpulan</i> .....	39

BAB 4.....	40
4.1 Hasil Penelitian .....	40
4.1.1 <i>Design Aplikasi Android</i> .....	40
4.1.2 <i>Design Alat Monitoring</i> .....	42
4.1.2 <i>Coding</i> .....	49
4.1.3 Pengujian.....	57
4.1.4 Evaluasi.....	59
4.2 Pembahasan.....	60
BAB 5.....	64
5.1 Kesimpulan .....	64
5.2 Saran .....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1 Spesifikasi Sensor MAX471 .....	43
Tabel 4.2 Spesifikasi NodeMCU ESP32 .....	44
Tabel 4.3 Spesifikasi <i>Relay</i> .....	44
Tabel 4.4 Pengujian Alat.....	57
Tabel 4.5 Pengujian Aplikasi .....	59
Tabel 4.6 Evaluasi Penelitian.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 <i>Photovoltaic</i> .....	9
Gambar 2.2 NodeMCU <i>ESP32</i> .....	13
Gambar 2.3. <i>Sampling</i> dan <i>quantization</i> .....	14
Gambar 2.4 Sensor MAX47 (Voltase dan Arus) .....	18
Gambar 2.5 Blok Sistem <i>ATS</i> .....	19
Gambar 2.6 Rangkaian pembaca nilai tegangan .....	20
Gambar 2.7 Rangkaian <i>relay</i> sebagai pengontrol sumber tegangan .....	21
Gambar 2.8 <i>Relay</i> pengontrol sumber tegangan .....	22
Gambar 2.9 <i>Flowchart</i> sistem <i>ATS</i> .....	23
Gambar 2.10 <i>Automatic Transfer Switch (ATS)</i> .....	26
Gambar 3.1 <i>The XP Process Pressman</i> .....	30
Gambar 3.2 <i>Use Case</i> .....	33
Gambar 3.3 <i>Design Sistem</i> .....	34
Gambar 3.4 <i>Design</i> alat monitoring .....	36
Gambar 3.5 <i>Design database</i> .....	36
Gambar 3.6 Diagram cara kerja alat .....	37
Gambar 4.1 Halaman Utama.....	40
Gambar 4.2 Halaman <i>Realtime</i> .....	41
Gambar 4.3 Halaman <i>data record</i> .....	41
Gambar 4.4 Halaman <i>Realtime</i> dan Grafik .....	42

Gambar 4.5 Skema Rangkaian alat monitoring .....	45
Gambar 4.6 <i>ESP</i> yang tertanam pada module NodeMCU .....	46
Gambar 4.7 <i>Relay</i> dan Sensor .....	46
Gambar 4.9 Tampilan LCD .....	47
Gambar 4.10 Konektor untuk memprogram NodeMCU .....	47
Gambar 4.11 Konektor Output .....	48
Gambar 4.12 Seluruh Rangkaian alat monitoring .....	48
Gambar 4.13 Tabel <i>smartIoT_monitoringlistrik</i> pada <i>database</i> .....	49
Gambar 3.14 <i>Library</i> dan variabel yang digunakan .....	50
Gambar 3.15 Fungsi <i>Setup</i> .....	51
Gambar 3.16 Automasi program .....	52
Gambar 3.17 Fungsi sensor voltase dan arus .....	52
Gambar 3.18 Fungsi kirim ke <i>database</i> .....	53
Gambar 3.19 Fungsi control <i>relay</i> .....	54
Gambar 4.20 File koneksi.php .....	54
Gambar 4.21 File jsondata.php .....	55
Gambar 4.22 File perekaman data dari NodeMCU.php .....	55
Gambar 4.23 Blocks <i>realtime</i> aplikasi .....	56
Gambar 4.24 Fungsi <i>Initialize</i> .....	57
Gambar 4.25 Grafik Saat Pengujian .....	58
Gambar 4.26 skema komunikasi data .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 <i>Source Code Alat</i> .....	70
2 <i>Source Code JSON</i> .....	80
3 Tabel pengujian .....	83

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan manusia saat ini. Kebutuhan listrik akan terus meningkat seiring dengan peningkatan penduduk di Indonesia. Dalam kurun waktu 17 tahun (2003 sampai 2020) total kebutuhan listrik di Indonesia diperkirakan tumbuh sebesar 6,5% per tahun (Muchlis, 2003).

Meningkatnya kebutuhan energi listrik, menyebabkan persediaan sumber energi listrik tak terbarukan semakin menipis. Pada tahun 2020 kebutuhan energi listrik akan mencapai 19,5 – 20 triliun kWh. Namun sumber energi minyak dan gas bumi sebagai sumber energi terbesar hanya mampu menyumbang 12,4 triliun kWh saja (Hasan, 2012). Energi surya menjadi salah satu alternatif yang banyak digunakan karena cahaya matahari merupakan sumber energi regeneratif yang sangat penting dan merupakan satu-satunya sumber hampir tak terbatas di alam (Afrian, 2015). Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m<sup>2</sup> per hari di seluruh wilayah Indonesia yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif terbarukan.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) memanfaatkan energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya. Teknologi saat ini, penggunaan baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya hanya dapat

dipantau dari dekat untuk mendapatkan informasi mengenai kapasitas baterai dan penggunaan baterai. Saat baterai dalam keadaan kosong atau tidak dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, tidak dilengkapi oleh pengalihan sumber listrik yang ada semisal listrik PLN. Maka, dibutuhkan sebuah teknologi yang dapat diterapkan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, salah satu teknologi yang dapat diterapkan yaitu pengiriman dan penyimpanan data untuk mendapatkan informasi kapasitas dan penggunaan baterai dengan memanfaatkan jaringan internet.

Menurut survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2018 171,17 juta orang di Indonesia telah terhubung internet, kenaikan mencapai 10,12% dari tahun sebelumnya. 93,9% pengguna *smartphone* mengaku bahwa setiap hari mengakses internet (APJII, 2019). Berdasarkan hasil survei tersebut sangat memungkinkan untuk mengelola dan mengoptimalkan peralatan elektronik dan listrik dengan menggunakan internet, konsep ini sering disebut dengan *Internet of Thing (IoT)*.

*IoT* adalah infrastruktur jaringan global yang dinamis mendukung Internet dengan layanan web yang berisi teknologi dan semua jenis informasi perangkat melalui Internet. Salah satu aplikasi terpenting dari *IoT* adalah *Smart Grid*. *Smart Grid* merupakan komunikasi data yang terintegrasi dengan jaringan listrik untuk mengumpulkan dan menganalisis data (Ghasempour, 2016). *IoT* diyakini memiliki dampak yang signifikan dalam penerapannya yang lebih efisien, optimal, dan dikendalikan sehingga dapat mengurangi biaya (Khan, 2020). Pada penerapannya teknologi *IoT* dapat diimplementasikan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya

yang memungkinkan untuk monitoring besaran daya listrik secara realtime (Lutfianto, 2018). Seperti pada penelitaian (Kaur, 2016) yang menerapkan teknologi *IoT* menggunakan modul *Wifi* ESP8266, sehingga dapat mengirimkan data ke perangkat komputer, tetapi jarak yang dapat dijangkau hanya sebatas kemampuan modul *wifi* yang digunakan (komputer harus terhubung dengan *wifi* yang terdapat pada alat monitoring). Teknologi *IoT* ini tidak hanya mampu mengirimkan dan menyimpan data tetapi juga sangat memungkinkan untuk mengontrol sistem kendali antara PLTS dan PLN.

PLTS sering dimanfaatkan sebagai *backup* sumber listrik dari PLN karena distribusi PLN tidak selamanya ada secara terus-menerus, terkadang terjadi pemadaman listrik dan apabila listrik itu dibutuhkan di tempat-tempat penting yang harus tercukupi kebutuhan listriknya secara terus-menerus tentunya akan menjadi masalah yang besar. Pada penelitian (Amuzuvi, 2015) mengatakan metode dan peralatan yang digunakan untuk melakukan pergantian power supply tetap penuh tantangan mulai dari inefisiensi hingga biaya. Sebagian besar industri masih menggunakan metode manual pergantian catu daya, yang diliputi oleh berbagai kemunduran termasuk: pemborosan waktu, operasi yang berat, kerentanan terhadap kebakaran dan tingginya frekuensi perawatan. *Automatic Tranfer Switch* atau biasa disebut dengan *ATS* merupakan sistem kontrol yang menerapkan perpindahan kontrol kendali secara otomatis, sehingga campur tangan manusia dalam pengontrolan sangat kecil. Bila dibandingkan dengan pengerjaan secara manual, sistem peralatan yang dikendalikan oleh otomatisasi akan memberikan keuntungan dalam hal efisiensi, keamanan, dan ketelitian (Susanto, 2013). Pada penelitian

Amuzuvi menyajikan sistem *ATS* berbasis Mikrokontroler, yang menghilangkan tantangan dari sistem pergantian manual. Menurut Amuzuvi hasil simulasi membuktikan Analisis durasi menghasilkan hasil yang sangat baik karena proses pergantian catu daya sekitar 20 detik.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka penelitian berfokus pada perancangan sistem monitoring berbasis *IoT* yang dapat mengirimkan data ke *database server* untuk memperbaiki dari penelitian sebelumnya terkait dengan jarak monitoring, sehingga dapat dimonitoring secara *realtime* oleh *smartphone* Android dimanapun dan kapanpun tanpa terkendala oleh jarak. Sistem *ATS* juga akan diterapkan dengan menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang harapanya lebih efektif karena Mikrokontroler ini sudah didesain sebagai Mikrokontroler berbasis *IoT* dengan modul *Wifi* yang sudah melekat pada NodeMCU. Sistem *ATS* akan dioptimalisasi dengan menerapkan pembatasan penggunaan baterai pada PLTS pada tegangan minimal 11.4V, sehingga alat dapat melakukan pensaklaran otomatis dari PLTS ke PLN atau sebaliknya. Dengan adanya penerapan batas minimal baterai diharapkan pengguna tidak perlu memindahkan arus listrik secara manual ke PLN saat baterai habis dan tidak khawatir baterai akan *overload* karena penggunaan baterai dikontrol dengan sistem *ATS*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat memonitoring pembangkit listrik tenaga surya berdasarkan variabel tegangan, arus dan kapasitas baterai?.
2. Bagaimana menerapkan sistem pengendali *Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan *Internet of Things* pada pembangkit listrik tenaga surya?.

## 1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini diperlukan batasan-batasan agar tujuan penelitian dapat tercapai. Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. *Software* yang digunakan untuk membuat aplikasi *Android* yaitu Thunkable.
2. Penyimpanan *database* menggunakan MySQL.
3. Hardware yang digunakan MAX471, NodeMCU ESP32S, *Relay* 1 channel, lcd oled 0.96 inch, step down 5v, *relay* dc 12v 40a.
4. Baterai yang digunakan aki 12v 7.2Ah.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem yang dapat memonitoring energi listrik serta menerapkan pengendali *Automatic Transfer Switch (ATS)* dengan *Internet of Things* untuk pembangkit listrik tenaga surya.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Pengguna dapat memonitoring energi listrik sehingga dapat mengetahui statistik baterai yang digunakan melalui *Smartphone*.
2. Pengendali *Automatic Transfer Switch (ATS)* yang akan memindahkan kebutuhan listrik ke PLN sehingga pengguna tidak perlu memindahkan arus listrik secara manual ke PLN dan tidak khawatir baterai akan overload karena penggunaan baterai dikontrol dengan sistem *ATS*..

## **1.6. Sistematika Penulisan**

### **1.6.1 Bagian Awal Skripsi**

Bagian awal skripsi terdiri dari halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, halaman moto dan persembahan, abstrak, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel dan daftar lampiran.

### **1.6.2 Bagian Isi Skripsi**

Bagian isi skripsi terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut.

1. BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan skripsi.

## 2. BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan mengenai definisi maupun pemikiran-pemikiran yang dijadikan kerangka teoritis yang menyangkut dan mendasari pemecahan masalah dalam skripsi ini.

## 3. BAB 3: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai studi pendahuluan, tahap pengumpulan data, dan tahap pengembangan sistem.

## 4. BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian beserta pembahasannya.

## 5. BAB 5: PENUTUP

Bab ini berisi simpulan dari penulisan skripsi dan saran yang diberikan penulis untuk mengembangkan skripsi ini.

### **1.6.3 Bagian Akhir Skripsi**

Bagian akhir skripsi ini berisi daftar pustaka yang merupakan informasi mengenai buku-buku, sumber-sumber dan referensi yang digunakan penulis serta lampiran-lampiran yang mendukung dalam penulisan skripsi ini.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

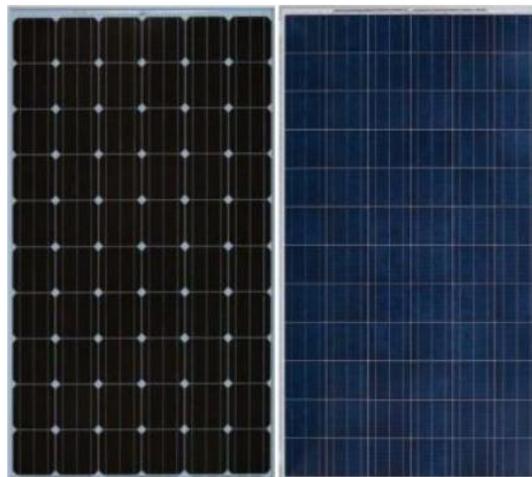
#### **2.1. *Photovoltaic***

*Photovoltaic* adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari (Gultom, 2015).

*Photovoltaic* (biasanya disebut juga sel surya) adalah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan kristal silikon (Si) yang tipis. Sebuah Kristal silindris Si diperoleh dengan cara memanaskan Si itu dengan tekanan yang diatur sehingga Si itu berubah menjadi penghantar. Bahan *Photovoltaic* sendiri terdiri kaca pelindung dan material adhesive transparan yang melindungi bahan *Photovoltaic* dari keadaan lingkungan, material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semi-konduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran Silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Prinsip kerja *Photovoltaic* sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda (Widodo, 2010). Luas *Photovoltaic* adalah sekitar 0,25 cm<sup>2</sup> (0,5 cm 0,5 c m), ditentukan oleh pencukuran mekanis.

*Photovoltaic* selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas. Seperti barang dari gelas lainnya, maka optical input dari *photovoltaic* juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas (Rif'an, 2012).

Sifat elektrik dari sel *photovoltaic* dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik listrik sel tersebut, yaitu berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan sel *photovoltaic* pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda-beda. Tegangan yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah tegangan arus searah (DC) tetapi dengan daya tidak tetap. Karena PLTS tergantung pada intensitas cahaya matahari, maka daya yang dihasilkan disimpan ke dalam baterai (Sudiby, 2010). *Photovoltaic* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *photovoltaic*

## 2.2. *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* adalah suatu konsep di mana konektivitas internet dapat bertukar informasi satu sama lainnya dengan benda-benda yang ada di sekelilingnya. *Internet of Things (IoT)* akan lebih mempermudah kegiatan manusia dalam melakukan berbagai aktivitas sehari-hari (Reinald, 2019 ). Semua kegiatan dapat dilakukan dengan sangat praktis dan di satu sisi adanya sistem kontrol karena perangkat yang terhubung menyebabkan kehidupan akan lebih efektif dan efisien. Salah satu Perangkat *IoT* yang digunakan dalam penelitian ini adalah NodeMCU (Putra, 2017).

*Internet of Things* adalah struktur di mana objek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk berpindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer (Junaidi, 2015).

*Internet of Things* merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerja sama melalui jaringan internet. *Internet of Things* adalah teknologi yang menghubungkan semua alat dan internet menggunakan perangkat sensor dan untuk mengidentifikasi dan manajemen informasi-informasi yang didapat dari sensor. *Internet of Things* dapat diartikan sebagai sebuah teknologi yang memanfaatkan sensor untuk mengatur peralatan elektronik untuk dimonitoring dan dikendalikan melalui jaringan internet. Dengan menggunakan teknologi ini peralatan yang dikendalikan menjadi peralatan pintar yang dapat mengatur dirinya sendiri.

*IoT* dibangun menggunakan tiga pilar/konsep untuk membuat objek cerdas yaitu:

1. Dapat diidentifikasi.
2. Dapat berkomunikasi.
3. Dapat berinteraksi.

### **2.3. Sejarah *Internet of Things***

Sejak mulai dikenalnya internet pada tahun 1989, mulai banyak hal kegiatan melalui internet. Pada tahun 1990 John Romkey menciptakan ‘perangkat’ pemanggang roti yang bisa dinyalakan dan dimatikan melalui internet (Junaidi, 2015). *WearCam* diciptakan pada tahun 1994 oleh Steve Mann. Pada tahun 1997 Paul Saffo memberikan penjelasan singkat pertama tentang sensor dan masa depan. Tahun 1999 Kevin Ashton menciptakan *The Internet of Things*, direktur eksekutif Auto IDCenter, MIT. Mereka juga menemukan peralatan berbasis RFID(*Radio Frequency Identification*) global yang sistem identifikasi pada tahun yang sama. Penemuan ini disebut sebagai lompatan besar dalam komersialisasi *IoT*. Tahun 2000 LG mengumumkan rencananya menciptakan kulkas pintar yang akan menentukan sendiri apakah bisa atau tidak makanan yang tersimpan di dalamnya diisi ulang. Pada tahun 2003 RFID mulai ditempatkan pada tingkat besar besaran di militer AS di Program Savi mereka. Pada tahun yang sama melihat raksasa ritel walmart untuk menyebarkan RFID di semua toko di seluruh dunia untuk lebih besar. Pada tahun 2005 arus publikasi utama pada *The Guardian*, Amerika ilmiah dan *Boston Globe* mengutip banyak artikel tentang *IoT*. Pada tahun 2008 kelompok

perusahaan meluncurkan *IPSO Alliance* untuk mempromosikan penggunaan *Internet Protocol* (IP) dalam jaringan dari “*Smart Object*” dan untuk mengaktifkan *Internet of Things*. Pada tahun 2008 FCC menyetujui penggunaan “*white space spectrum*”. Akhir peluncuran IPv6 di tahun 2011 memicu pertumbuhan besar di bidang *Internet of Things*. Perkembangan ini didukung oleh perusahaan raksasa seperti Cisco, IBM, Ericson mengambil inisiatif banyak dari pendidikan dan komersial dengan *IoT* teknologi dapat hanya dijelaskan sebagai hubungan antara manusia dan komputer. Perkembangan *Internet of Things*, semua peralatan yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari dapat dikendalikan dan dipantau menggunakan *IoT*. Mayoritas proses dilakukan dengan bantuan sensor. Sensor digunakan di mana pun dan dapat mengonversi data fisik mentah menjadi sinyal digital dan mengirimkan ke pusat kontrol. Arsitektur sistem ini akan didasarkan pada konteks operasi dan proses dalam skenario *realtime*. Arsitektur sistem ini dapat bervariasi berdasarkan konteks penerapannya.

#### **2.4. Mikrokontroler (NodeMCU)**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional berbentuk *chip*. Dalam Mikrokontroler terdapat sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), serta perlengkapan input output. Mikrokontroler adalah alat yang digunakan untuk mengerjakan instruksi-instruksi yang diberikan. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem terkomputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang *programmer*. Dengan kata lain, Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai input dan

output serta dikendalikan dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus.

NodeMCU merupakan sebuah *open source platform IoT* dan pengembangan kit dari ESP8266 yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat produk *IoT* atau bisa dengan memakai *sketch* dengan arduino IDE. Karena jantung dari NodeMCU adalah ESP8266 (khususnya seri ESP-12, termasuk ESP-12E) maka fitur – fitur yang dimiliki NodeMCU akan kurang lebih sama ESP-12 (juga ESP-12E untuk NodeMCU v.2 dan v.3) kecuali NodeMCU telah dibungkus oleh API sendiri yang dibangun berdasarkan bahasa pemrograman Lua, yang kurang lebih cukup mirip dengan *javascript*. Bentuk fisik dari NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 NodeMCU ESP32

Spesifikasi yang dimiliki oleh NodeMCU sebagai berikut:

1. Board ini berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (Single on Chip) dengan onboard USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11b/g/n.
2. 2 tantalum capacitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
3. 3.3v LDO regulator.
4. Blue led sebagai indikator.

5. Cp2102 usb to UART bridge.
6. Tombol reset, port usb, dan tombol flash.
7. Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX
8. 3 pin ground.
9. S3 dan S2 sebagai pin GPIO.
10. S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc.
11. S0 MISO (Master Input Slave Input) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
12. SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.
13. Pin Vin sebagai masukan tegangan.
14. Built in 32-bit MCU.

## 2.5. Pemrograman NodeMCU

Pemrograman NodeMCU menggunakan bahasa C dengan tambahan *library* untuk memudahkan programmer pemula dalam menggunakan NodeMCU. Pemrograman dilakukan menggunakan *software* khusus yaitu *Arduino IDE* yang digunakan untuk menulis program yang kemudian di *upload* ke dalam *board* Microcontroller.

a. Struktur

Ada dua fungsi dalam struktur pemrograman *Arduino*, dua fungsi tersebut adalah:

1) `Void Setup() {}`

Fungsi *setup* merupakan fungsi yang digunakan untuk menginisialisasi variabel, mode pin, penggunaan *library* dan sebagainya. Fungsi *setup* hanya berjalan sekali, yaitu saat board *Arduino* dinyalakan atau di *reset*.

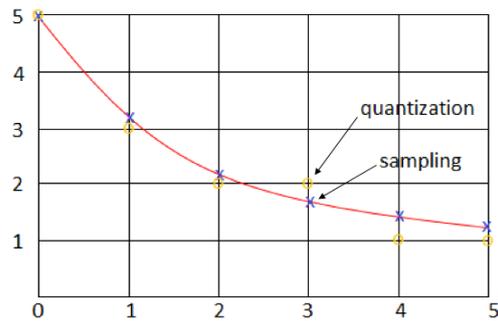
2) `Void Loop() {}`

Fungsi *loop* berjalan setelah fungsi *setup* selesai. Fungsi ini akan dieksekusi berulang-ulang sampai board *Arduino* di nonaktifkan. Program yang ditulis pada fungsi ini digunakan untuk mengontrol *Arduino* secara aktif.

b. ADC

Sinyal analog mempunyai banyak nilai tidak seperti sinyal digital yang hanya mempunyai dua nilai yaitu *high* dan *low* atau satu dan nol. Untuk memproses sinyal analog menggunakan Mikrokontroler dibutuhkan ADC. ADC berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.

Tahap *sampling* yaitu tahap mengambil sinyal secara periodik dengan periode sampling tertentu. Setelah sampel didapat kemudian masuk tahap *quantization*. Tahap *quantization* atau kuantisasi yaitu tahap pembulatan nilai dari sampel yang didapat ke nilai terdekat sesuai resolusi ADC. Perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital mempunyai dua tahapan, yaitu *sampling* dan *quantization* seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Sampling dan quantization*

*Arduino* mempunyai *Analog-to-Digital Converter* (ADC) 10-bit dengan jumlah pin analog 6 pin pada UNO, 8 pin pada Nano dan 16 pin pada MEGA. Dengan resolusi 10 bit berarti *Arduino* akan memetakan tegangan *input* antara 0V-5V menjadi nilai integer antara 0-1023. Fungsi yang digunakan dalam pemrograman *Arduino* untuk menggunakan ADC yaitu *analogRead(pin)*.

c. Komunikasi Serial

Komunikasi serial digunakan untuk komunikasi antara board *Arduino* dengan komputer atau *device* lainnya. *Arduino* memiliki setidaknya satu UART yang digunakan untuk komunikasi serial. Level tegangan yang digunakan yaitu TTL (5V atau 3.3V tergantung board *Arduino* yang dipakai).

UART atau *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* adalah bagian perangkat keras komputer yang menerjemahkan antara bit-bit paralel data dan bit-bit serial. UART biasanya berupa sirkuit terintegrasi namun sekarang ini sudah terdapat di dalam beberapa Mikrokontroler. *Asynchronous* berarti mengirim data tanpa mengirimkan sinyal detak terlebih dahulu sehingga pengirim dan penerima harus memiliki *baudrate* (kecepatan pengiriman data)

yang sama. Untuk menyinkronkan pengirim dan penerima maka bit khusus ditambahkan pada data yang dikirim. Start bit ditambahkan pada setiap awal data yang akan ditransmisikan untuk memperingatkan penerima bahwa data akan segera dikirim. Kemudian *stop bit* ditambahkan pada akhir data untuk menandakan bahwa semua data sudah dikirimkan serta membuat bus serial dalam kondisi *idle*.

Fungsi yang digunakan untuk mengirimkan data serial yaitu *serial.write()* di mana di dalam kurung merupakan *value* atau *string* yang akan dikirim. Sedangkan fungsi yang digunakan untuk menerima data serial melalui pin RX yaitu *serial.read()* atau *serial1.read()*, *serial2.read()*, *serial3.read()* pada *Arduino* mega karena memiliki tiga port komunikasi serial.

## 2.6. Sensor Tegangan dan Arus

Sensor tegangan adalah suatu alat yang mengukur tegangan pada alat elektronik. Sensor tegangan umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut Voltage divider. Sensor ini didasarkan pada prinsip redaman resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal berkurang sampai seperlima dari tegangan asli (Siregar, 2017).

Sensor tegangan merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur tegangan listrik. Sensor ini didasarkan pada prinsip tekanan resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal mengurangi 5 kali dari tegangan asli (Winata, 2016).

ACS712 berfungsi untuk mengukur arus, sehingga membuatnya ideal untuk pengukuran daya yang cepat. Ini didukung oleh sumber yang akan diukur. Arus terukur maksimum adalah sepuluh ampere dan rentang pengukuran tegangan dari 3 volt hingga 25 volt. Bentuk fisik dari MAX47 dapat dilihat pada gambar 2.4.



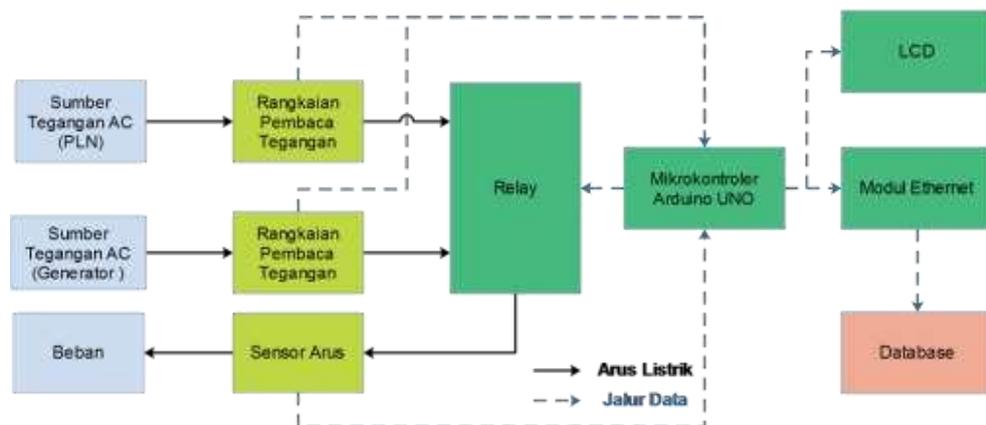
Gambar 2.4 Sensor MAX47 (Voltase dan Arus)

## 2.7. *Android*

*Android* adalah sebuah sistem operasi untuk ponsel yang berbasis *linux*. *Android SDK* (*Software Development Kit*) menyediakan *tools* dan *API* (*Application Programming Interface*) yang diperlukan bagi para pengembang untuk membuat dan mengembangkan aplikasi yang digunakan pada ponsel bersistem operasi *Android* dengan menggunakan bahasa pemrograman *java*. *Android* adalah sistem operasi dengan sumber terbuka (*open source*) dan Google merilis kodenya di bawah lisensi *apache*. Kode dengan sumber terbuka dan lisensi perizinan pada *Android* memungkinkan perangkat lunak untuk dimodifikasi secara bebas dan didistribusikan oleh para pembuat perangkat, operator nirkabel, dan pengembang aplikasi.

## 2.8. *Automatic Transfer Switch (ATS)*

Dengan menggabungkan sebuah Mikrokontroler, rangkaian relai dan rangkaian pembaca tegangan menjadi sebuah sistem yang dapat berfungsi sebagai *Automatic Transfer Switch (ATS)*, Blok diagram sistem dari penggabungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5.

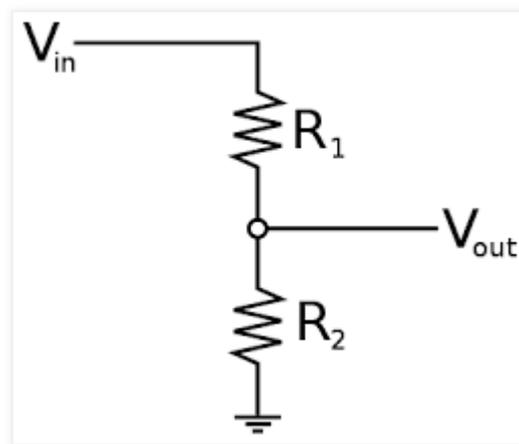


Gambar 2.5 Blok Sistem ATS

Rangkaian pembaca tegangan ditempatkan di antara sumber tegangan dan relai, rangkaian pembaca tegangan ini, memiliki beberapa fungsi, di antaranya untuk menurunkan tegangan AC dari PLN dan sumber cadangan (generator set) dan juga berfungsi untuk menyesuaikan nilai arus dan tegangan dari sumber AC, sehingga nilainya dapat dibaca menggunakan proses ACD pada pin analog Mikrokontroler, dimana Mikrokontroler yang dipergunakan yaitu NodeMCU. Rangkaian pembaca tegangan, terdiri dari beberapa komponen di antaranya;

1. Transformator
2. Rangkaian pembagi tegangan

Sebuah transformator bertipe CT, yang dipergunakan untuk menurunkan tegangan dari 220 volt menjadi 12,7 volt, dikarenakan maksimal tegangan yang dapat dibaca oleh input ADC pada NodeMCU adalah 3.3 volt, maka diperlukan rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan output transformator seperti rangkaian pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian pembaca nilai tegangan

Nilai keluaran tegangan dari baterai adalah sebesar 12.7 Volt, dan tegangan harus dimasukkan ke dalam rangkaian pembagi tegangan dengan nilai R1 dan R2 adalah 10k ohm dan 100k ohm agar dapat mengolah nilai tegangan pada NodeMCU, berikut perhitungan yang dipergunakan pada rangkaian pembagi tegangan:

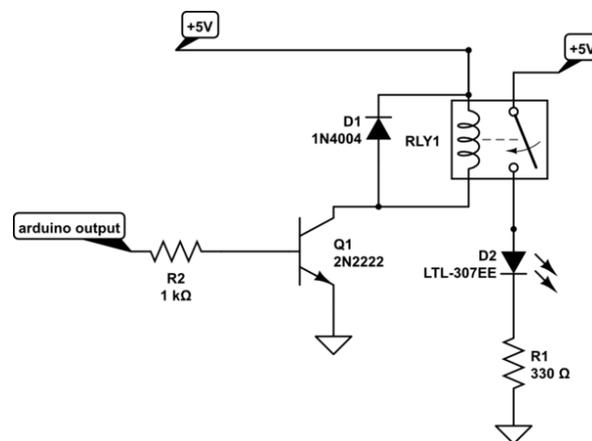
$$\begin{aligned} \text{Peak voltage output} &= R_1 / (R_1 + R_2) * \text{Peak voltage input} \\ &= 10 \text{ k ohm} / (10 \text{ k ohm} + 100 \text{ k ohm}) * 12.7 \text{ volt} \end{aligned}$$

Nilai tegangan 1.15volt yang diperoleh dari hasil perhitungan di atas, kemudian dipergunakan sebagai nilai acuan dalam melakukan pengukuran oleh

Mikrokontroler, dengan menggunakan konsep ADC dengan maksimal data 10 bit yaitu 1023 (1024-1).

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai\_ADC} &= (V_{in} / V_{\text{reff}}) * \text{maksimal\_data} \\
 &= (1.15 \text{ volt} / 3.3 \text{ volt}) * 1023 \\
 &= 234.26 \\
 &= 234
 \end{aligned}$$

Pada bagian pengontrol pada sumber tegangan, dikarenakan menggunakan 2 buah sumber listrik yang berbeda yaitu PLN dan sumber cadangan (generator-set), maka bagian ini disusun menggunakan relai 1 *channel*, rangkaian relai dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rangkaian *relay* sebagai pengontrol sumber tegangan

*Relay* dibuat dengan menggunakan transistor *BJT* dengan tipe *NPN*, di mana transistor dengan tipe *NPN* akan bekerja jika diberi tegangan atau diberi logika

*HIGH* atau *LOW* dari NodeMCU, *relay* pengontrol sumber listrik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Relay* pengontrol sumber tegangan

Dengan menggunakan parameter nilai pada rangkaian pembaca tegangan, *Arduino* UNO akan mengukur nilai tegangan dari sumber cadangan terlebih dahulu, jika nilai tegangan yang diperoleh sebesar 220 volt maka beban akan mendapatkan arus dari sumber cadangan, tetapi apabila nilai tegangan dari sumber cadangan lebih kecil dari 220 Volt, maka *Arduino* UNO akan menggerakkan relai dengan cara memberikan logika *HIGH* pada relai, sehingga menyebabkan beban mengalami perpindahan sumber tegangan, dari sumber cadangan (generator set) ke sumber tegangan dari PLN, flowchart cara kerja dari sistem *ATS* yang ada pada luar alat dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Flowchart sistem ATS

## 2.9. Penelitian Terkait

Penelitian ini dikembangkan dari beberapa referensi penelitian terdahulu yang mempunyai keterkaitan dengan metode dan objek penelitian. Penggunaan referensi ini ditujukan untuk memberikan batasan-batasan terhadap metode yang nantinya akan dikembangkan lebih lanjut. Berikut adalah beberapa penelitian terkait dengan penelitian yang diusulkan:

1. Tarlochan Kaur, Jaimala Gambhir, dan Sanjay Kumar (2016) dalam jurnalnya yang berjudul “*Arduino Based Solar Powered Battery Charging System For Rural SHS*” dalam penelitian tersebut menerapkan *IoT* dengan menggunakan modul esp8266 sebagai media transfer data dan menggunakan sensor voltage

dan sensor current (ACS712) sebagai sensor voltase dan arus yang di proses oleh *Arduino* sebagai nilai yang akan ditransfer melalui modul. Dari sensor dan transfer data tersebut bertujuan untuk memantau pengisian dan kinerja baterai dari jarak jauh.

2. *J.Chandramohan1 dan R.Nagarajan (2017)* dalam jurnalnya yang berjudul “*Intelligent Smart Home Automation and Security System Using Arduino and Wi-fi*” sistem kontrol dan pemantauan rumah yang hemat biaya dan fleksibel dengan bantuan yang terintegrasi server web mikro dengan konektivitas protokol internet (IP) untuk akses dan untuk mengontrol peralatan dan perangkat yang menggunakan dari jarak jauh Aplikasi smartphone berbasis *Android*. Sistem yang diusulkan tidak memerlukan PC server khusus sehubungan dengan sistem serupa dan menawarkan protokol komunikasi baru untuk memantau dan mengendalikan lingkungan rumah dengan lebih dari sekadar beralih fungsi. Antarmuka rumah pintar dan definisi perangkat untuk memastikan interoperabilitas antara perangkat Wi-fi dari berbagai produsen peralatan listrik, meter, dan energi pintar memungkinkan produk memungkinkan diproduksi. Di dalam Proyek memberikan operasi cerdas untuk lampu dan kipas. Di sini sistem terhubung dengan kontrol suhu dan lampu kontrol. Resistor tergantung cahaya (LDR) dan Sensor suhu (LM35) adalah komponen utama untuk kontrol otomatis ini lampu dan kipas. Di sini LDR bertanggung jawab untuk kontrol lampu dan LM35 bertanggung jawab untuk mengontrol operasi kipas.

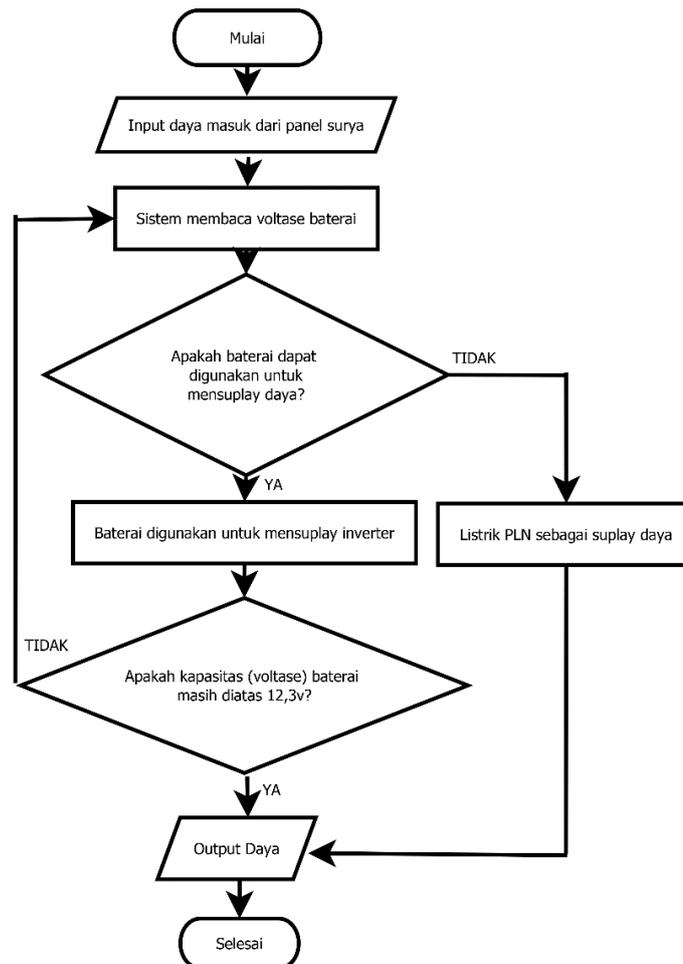
3. Amuzuvi dan Addo (2015) dalam jurnalnya yang berjudul “*A Microcontroller-Based Automatic Transfer Switching System for a Standby Electric Generator\**” Pasokan listrik yang tidak dapat diandalkan telah menyebabkan proliferasi generator siaga terutama di negara-negara berkembang. Namun, metode dan peralatan yang digunakan untuk mempengaruhi pergantian pasokan listrik tetap penuh dengan tantangan mulai dari inefisiensi hingga biaya. Sebagian besar industri masih menggunakan metode manual pergantian catu daya, yang dilanda berbagai kemunduran termasuk: pemborosan waktu, operasi yang berat, kerentanan terhadap kebakaran dan frekuensi pemeliharaan yang tinggi. Makalah ini menyajikan Sistem Transfer Otomatis Berbasis Mikrokontroler (*MBATSS*), yang menghilangkan tantangan dari sistem pergantian manual. Rangkaian sensor tegangan, sensor arus Hall Effect, *relay*, LED, dan LCD semuanya dikoordinasikan menggunakan Mikrokontroler PIC16F877A. Bagan alur sistem dikembangkan untuk firmware dan Mikrokontroler yang diprogram menggunakan perangkat lunak pemrograman GCG BASIC. Simulasi dari sirkuit yang dirancang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Design* proteus suit. Hasil simulasi membuktikan metode yang digunakan, dengan demikian, mengkonfirmasi kemampuan kerja dari *Design* yang diusulkan. Analisis durasi menghasilkan hasil yang sangat baik, karena sekitar 20 detik berlalu selama seluruh proses pergantian catu daya. Pemulihan daya yang tepat waktu dan kemudahan pengoperasian adalah beberapa keunggulan yang dapat dikaitkan dengan *Design*.

4. Pakpahan, R., Ramadan, D.N. and Hadiyoso, S (2016) dalam jurnalnya yang berjudul “*RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) MENGGUNAKAN ARDUINO UNO DAN RELAI*” Sistem cadangan/backup catudaya mutlak diperlukan pada perangkat elektronika yang memerlukan energi listrik yang tidak terhenti. Cadangan catudaya digunakan untuk menggantikan sumber utama PLN. Pada penerapannya diperlukan sebuah perangkat pendukung berupa *Automatic Transfer Switch (ATS)* untuk melakukan pensaklaran dari sumber utama ke cadangan catu daya atau sebaliknya. Pada paper ini, dibahas realisasi perangkat *ATS* berbasis Mikrokontroler yang bekerja berdasarkan pembacaan arus dan tegangan. Sistem ini juga dilengkapi dengan komunikasi berbasis LAN untuk mengirim data monitoring. Setelah dilakukan pengujian, perangkat *ATS* dapat mengukur arus dan tegangan dengan rata-rata kesalahan 3,76% dan 0,21% pada pengukuran generator set dan sumber PLN. Pengujian lainnya, sistem relai dapat berfungsi untuk memindahkan sumber listrik dari sumber utama ke sumber cadangan atau sebaliknya.

## **2.10. Kerangka Berpikir**

Model kerangka pemikiran yang akan diaplikasikan pada penelitian ini yaitu menerapkan *Automatic Transfer Switch (ATS)* sebagai pemilihan atribut untuk optimalisasi penghematan penggunaan listrik dengan smart grid pada penggunaan daya antara Inverter baterai solar sell atau listrik PLN.

*ATS* dipilih karena dengan metode tersebut data mengoptimalkan penggunaan daya dari solar sell, tidak hanya itu dengan metode *ATS* juga dapat memberikan pengaruh pada penggunaan jangka Panjang baterai. Kerangka berpikir atau model *ATS* yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Automatic Transfer Switch (ATS)*

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan penelitian ini, perancangan alat monitoring pada pembangkit listrik tenaga surya dengan konsep *internet of things* adalah pembuatan aplikasi *Android* menggunakan *thinkable* dan menggunakan NodeMCU sebagai pusat kendali, serta *Automatic Transfer Switch (ATS)* sebagai pengendali baterai untuk memindahkan sumber listrik. Hasil dari penelitian ini yaitu:

1. Pengguna dapat melihat data secara *realtime* berupa kapasitas baterai, arus listrik dan daya listrik yang digunakan melalui aplikasi pada *smartphone Android*. Data-data tersebut didapat dari sensor yang berada pada alat monitoring yang terhubung jaringan internet sehingga data tersebut dikirimkan dan disimpan pada *database server*. Berdasarkan pengujian black-box serta pengujian alat menghasilkan presentase 100%. Aplikasi *android* menampilkan hasil data rekaman pada *webserver* ke layar *smartphone*. Dengan rata-rata tingkat perubahan data sebesar 0,005% pada setiap perekaman data.
2. Sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)* bekerja apabila sensor kapasitas baterai sudah membaca kurang dari 11.4V maka dengan otomatis *relay ATS* akan memindahkan kebutuhan listrik ke PLN sehingga pengguna tidak perlu memindahkan arus listrik secara manual ke PLN dan tidak khawatir baterai akan *overload* karena penggunaan baterai dikontrol dengan sistem *ATS*.

## 5.2 Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya adanya pengembangan aplikasi ditambahkan pengenalan pengguna seperti *login password*, *QR code*, atau sejenisnya untuk masing-masing alat monitoring supaya orang lain tidak dapat mengakses.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan pada alat monitoring dibuat pula rangkaian Inverter supaya tidak terpisah.
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya jika baterai tidak sedang digunakan maka tidak perlu untuk mengirimkan data ke *database server*.
4. Adanya perbaikan dari segi *user interface* supaya lebih *user friendly* dan dapat kompatibel pada sistem operasi *Android* terbaru bahkan di *IOS*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M.T. and Pratiwi, I.A.P., 2015. Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik-Review. *Rekayasa Mesin*, 6(2), pp.95-99.
- Afrian, N. and Putra, N.M.D., 2015. Karakterisasi Prototipe Sel Surya Organik Berbahan Dasar Ekstrak Bawang Merah Yang Difabrikasi Dengan Metode Spincoating. *Unnes Physics Journal*, 4(1), pp.18-25.
- Amuzuvi, C.K. and Addo, E., 2015. A microcontroller-based *Automatic Transfer Switching* system for a standby electric generator. *Ghana Mining Journal*, 15(1), pp.85-92.
- APJII. 2019. *Survey Internet APJII 2018*. (Online), (<http://www.apjii.or.id/survey2018> [diakses 14 Maret 2020])
- Chandramohan, J., Nagarajan, R., Satheeshkumar, K. and Ajithkumar, N., Gopinath, P.A. and Ranjithkumar, S., 2017. Intelligent smart home automation and security system using Arduino and Wi-fi. *International Journal of Engineering And Computer Science (IJECS)*, 6(3), pp.20694-20698.
- Dinata, I. and Sunanda, W., 2015. Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web *Database*. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4(1), pp.83-88.
- Doshi, H.S., Shah, M.S. and Shaikh, U.S.A., 2017. Internet Of Things (IoT): Integration Of Blynk For Domestic Usability. *Vishwakarma Journal of Engineering Research*, 1(4), pp.149-157.
- Ghasempour, A., 2016, January. Optimum number of aggregators based on power consumption, cost, and network lifetime in advanced metering infrastructure architecture for Smart Grid Internet of Things. In *2016 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)* pp. 295-296.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. and Palaniswami, M. 2016. Internet of Things (IoT): A Vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), pp.1645-1660.
- Hakim, M.F., 2017. Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *Dinamika Dotcom*, 8(1), pp.1-11.
- Hasan, H., 2012. perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, 10(2), pp.169-180.

- Junaidi, A. 2015. Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya: Review. *Jurnal ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1(3), pp.62-66.
- Kaur, T., Gambhir, J. and Kumar, S., 2016. Arduino based solar powered battery charging system for rural SHS. In *2016 7th India International Conference on Power Electronics (IICPE)*. IEEE. pp.1-5.
- Khan, W.Z., Rehman, M.H., Zangoti, H.M., Afzal, M.K., Armi, N. and Salah, K., 2020. Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. *Computers & Electrical Engineering*, 81, pp.106522-106535.
- Lutfianto, L., Rofi'i, F. and Mukhsim, M., 2018. Sistem Pengendalian Generator Set Secara Wireless Berbasis *Arduino* Dengan Modbus Tcp Dan Logika Fuzzy. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 2(1), pp.1-10.
- Muchlis, M. and Permana, A.D., 2003. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sd 2020. *Pengembangan Sistem Kelistrikan dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*, Jakarta.
- Mudhofiroh, N. and Noor, M.F., 2014. Karakteristik Solar Cell 10-WP Pada Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan. *Energy*, 4(2), pp.12-19.
- Mustaqbal, M.S., Firdaus, R.F. and Rahmadi, H. 2015. Pengujian Aplikasi Menggunakan Black Box Boundary Value Analysis. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1(3), pp.31-36.
- Gultom, T. T. 2015. Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Mudira Indure*, 1(3), pp.33-42.
- Nidhra, S. and Dodenti, J. 2012. Blackbox and Whitebox Testing Techniques – A Literature Review. *International Journal of Embedded Systems and Applications*, 2(2), pp.29-50.
- Pandey, A. Azhar, A. Gautam. and M. Tiwari., 2018 . *IoT Based Home Automation Using Arduino and ESP8266*. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(4), pp.267-270.
- Pakpahan, R., Ramadan, D.N. and Hadiyoso, S., 2016. Rancang Bangun dan Implementasi *Automatic Transfer Switch (ATS)* Menggunakan *Arduino Uno* dan Relai. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, 3(2), pp.332-341.
- Pressman, R.S., 2015. *Software engineering: a practitioner's approach*. Palgrave macmillan.

- Putra, I.G.P.M.E., Giriantari, I.A.D. and Jasa, L., 2017. Monitoring Penggunaan Daya listrik Sebagai Implementasi Internet of Things Berbasis Wireless Sensor Network. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(3), pp.50-55.
- Reinald Madjid, A.X.E.L. and Suprianto, B., 2018. Prototype Monitoring Arus, Dan Suhu Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), pp.111-119.
- Rif'an, M., Pramono, S.H., Shidiq, M., Yuwono, R., Suyono, H. and Suhartati, F., 2012. Optimasi pemanfaatan energi listrik tenaga matahari di jurusan teknik elektro Universitas Brawijaya. *Jurnal EECCIS*, 6(1), pp.44-48.
- Siregar, R.R.A., Wardana, N. and Luqman, L., 2017. Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 14(2), pp.81-100.
- Sudibyoy, U.B. and Setiawan, E.A., 2010. Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Pada Model Jaringan Listrik Mikro Arus Searah. *Jurnal Poli-Teknologi*, 9(2), pp.110-117.
- Susanto, A. and Lukman, M. 2012. Rancang Bangun Prototype RMI(Remote Mehod Invocation) Untuk Menghubungkan Sistem Bank Jateng Dengan Sistem Pembayaran UDINUS. *Tecno.com*, 11(2), pp.91-98.
- Susanto, Eko., 2013. Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan). *Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), pp.18-21.
- Utomo, H., Repelianto, A.S. and Sulistiyanti, S.R., 2014. Implementasi *Automatic Transfer Switch* Berbasis PLC pada Laboratorium Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. *Electrician*, 8(1), pp.1-11.
- Wibowo, E.A. and Arifudin, R. 2016. Aplikasi Mobile Learning Berbasis *Android*. *Unnes Jurnal of Mathematics*, 5(2), pp.108-117.
- Widodo, D.A. and Andrasto, T., 2010. Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), pp.133-138.
- Winata, P.P.T., Wijaya, I.W.A. and Suartika, I.M., 2016. Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal SPEKTRUM*, 3(1), pp.1-6.
- Xia, F., Yang, L.T., Wang, L. and Vinel, A. 2012. Editorial Internet of Things. *International Journal of Communication Systems*. 25(1), pp.1101-1102.