

# TUGAS AKHIR

## RANCANG BANGUN PHOTOVOLTAIC EMULATOR MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 328P SEBAGAI KOMPONEN PENGENDALI

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

**Disusun Oleh:**

**Dicky Hardianto**  
**1607220036**



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dicky Hardianto

Npm : 1607220036

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Rancang Bangun Photovoltaic Emulator Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 328P Sebagai Komponen Pengendali

Bidang Ilmu : Energi Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, oktober 2021

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembanding I



Rimbawati, ST., MT

Dosen Pembanding II



Partaonan Harahap, ST., MT

Dosen Pembimbing



Noorly Svalina ST., MT

Program Studi Teknik Elektro



Falsafah Pasaribu ST., MT

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dicky Hardianto  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 25 Oktober 1996  
NPM : 1607220036  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

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

***“Rancang Bangun Photovoltaic Emulator Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 328P Sebagai Komponen Pengendali”***,

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

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

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

Medan, oktober 2021  
Saya yang menyatakan,



Dicky Hardianto

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Photovoltaic Emulator Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 328P Sebagai Komponen Pengendali

Nama : Dicky Hardianto

NPM : 1607220036

Dosen Pembimbing : Noorly Evalina, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	15 - 10 - 2020	- Publi: rumus masalah, tipe	<i>[Signature]</i>
		- Publi: cara pembacaan TA Hour Rasi format panduan TA	<i>[Signature]</i>
		- Publi: jumlah pula dan pula lain yg ditulis	<i>[Signature]</i>
	20/10-2020	- Publi: lasia lain, baca format TA	<i>[Signature]</i>
	5/10-2020	- Publi: TA rasi cekat	<i>[Signature]</i>

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Photovoltaic Emulator Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 328P Sebagai Komponen Pengendali

Nama : Dicky Hardianto

NPM : 1607220036

Dosen Pembimbing : Noorly Evalina S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	23/11 - 2020	- Pembacaan Metode Tuliskan, Jadwal Suara format file chart	<i>[Signature]</i>
	2/12 - 2020	Acc Seminar Proposal	<i>[Signature]</i>
	20/2 - 2021	Probasi Bab 15 atah konsep begini how some proses terlihat	<i>[Signature]</i>
	27/3 - 2021	Acc Seminar Lanjut	<i>[Signature]</i>

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul ***“Rancang Bangun Photovoltaic Emulator Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 328P Sebagai Komponen Pengendali”*** dengan lancar. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tugas akhir ini tidak mungkin tersusun dengan baik dan benar tanpa adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dengan segala Rahmat serta karunianya yang memberikan kekuatan, pengetahuan, serta kesehatan pada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua penulis, yakni Ayahanda Rudi Hartono dan Ibunda Rohana yang sangat penulis cintai tanpa lelah mengasuh, mendidik, dan membimbing hingga saat ini belum dapat penulis bahagiakan.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., S.Pd., M.T, selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur S.T., M.T, selaku Ketua Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Noorly Evalina S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Staf Pengajar/Pegawai Program Studi Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

8. Teman-teman seperjuangan penulis dari S-1 Fatek Elektro UMSU stambuk 2016. Terkhusus kepada jumiatik, billy prandika, freddy wandana.
9. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

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

Medan, oktober 2021

Penulis,

**Dicky Hardianto**

**1607220036**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	5
2.1.1 Smart Grid .....	5
2.1.2 Smart Grid Emulator.....	6
2.2 Sensor Arus ACS 712.....	6
2.2.1 Fitur ACS712.....	9
2.3 Sensor Tegangan .....	10
<b>2.4 Arduino Uno</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Mikrokontroler Arduino Uno .....	12
2.6 Sensor Cahaya Light Dependent Resistor (LDR) .....	15
2.6.1 Karakteristik Sensor Cahaya LDR.....	16
2.6.1.1 Laju Recovery Sensor Cahaya LDR.....	16
2.6.1.2 Respon Spektral Sensor Cahaya LDR.....	16
2.6.2 Prinsip Kerja LDR .....	16
2.7 Transistor .....	17
2.8 Dioda .....	18
2.8.1 Diode Zener .....	19
2.8.2 LED (Light Emitting Diodes) .....	19
2.8.3 Photodioda .....	19
2.9 Kapasitor .....	19



2.9.1	Kapasitor Polar .....	20
2.9.2	Kapasitor Variabel .....	20
2.9.3	Kapasitor Nonpolar .....	21
2.10	Relay.....	21
2.10.1	Prinsip Kerja Relay .....	22
2.11	Bahasa Pemograman Arduino Uno .....	23
2.12	Real Time Clock (RTC) .....	27
<b>BAB 3 METODOLOGI.....</b>		<b>30</b>
3.1.	Tempat dan waktu .....	30
3.1.1.	Tempat.....	30
3.1.2.	Waktu .....	30
3.2	Peralatan dan bahan .....	30
3.2.1	Bahan .....	30
3.2.2	Peralatan .....	31
3.2	Metode penelitian .....	31
3.2.1	Rancangan perangkat keras (Hardware).....	31
3.3.2	Perancangan Perangkat Lunak (Software).....	32
3.3.3	Arduino Uno .....	32
3.4	Block diagram .....	33
3.5	Diagram Alir/ Flowchart .....	34
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>36</b>
4.1	Hasil Penelitian.....	36
4.2	Pengujian Hasil Penelitian.....	38
4.2.1	Pengujian Rangkaian (hardware).....	38
4.2.2	Pengujian perangkat lunak (program).....	46
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>51</b>
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran .....	51

## DAFTAR PUSTAKA

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Terminal list sensor arus ACS712. ....	<b>8</b>
Tabel 2.2 Operator Aritmatika Arduino .....	<b>25</b>
Tabel 2.3 Operator Aritmatika Arduino .....	<b>26</b>
Tabel 4.1 Pengujian sensor arus ACS 712 .....	<b>38</b>
Tabel 4.2 Hasil pengujian pada sensor tegangan .....	<b>40</b>
Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor cahaya .....	<b>41</b>
Tabel 4.4 hasil pengukuran pin arduino Uno .....	<b>43</b>
Tabel 4.5 Hasil pengukuran pada potensiometer .....	<b>45</b>
Tabel 4.6 Hasil pengujian rangkaian driver .....	<b>46</b>
Tabel 4.7 Hasil pengujian program .....	<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Smart Grid Emulator .....	6
(Sumber: <i>en.wikipedia.com</i> ).....	6
Gambar 2.2 Sensor arus ACS712.....	7
(Sumber : <i>www.elektrokita.com</i> ) .....	7
Gambar 2.3 Pin out ACS712.....	8
(Sumber: <a href="https://depokinstruments.wordpress.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-acs712/">https://depokinstruments.wordpress.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-acs712/</a> ) .....	8
Gambar 2.4 Gambar blok diagram ACS712 .....	9
Gambar 2.5 Sensor Tegangan .....	10
(Sumber : <i>www.elektrokita.com</i> ) .....	10
Gambar 2.6 Bentuk Fisik Arduino Uno .....	11
(Sumber : <i>www.elektrokita.com</i> ) .....	11
Gambar 2.7 Bentuk Fisik Arduino Uno .....	13
(Sumber : <i>www.elektrokita.com</i> ) .....	13
Gambar 2.9 Bentuk Fisik Dan Simbol LDR .....	15
Gambar 2.10 Transistor.....	17
(sumber : <i>komponenelektronika.biz</i> ).....	17
Gambar 2.11 Simbol Dioda.....	18
(sumber : <i>komponenelektronika.biz</i> ).....	18
Gambar 2.12.a Kapasitor.....	20
(sumber : <i>komponenelektronika.biz</i> ).....	20
Gambar 2.12.b Kapasitor Variabel.....	20
(sumber : <i>komponenelektronika.biz</i> ).....	20
Gambar 2.12.c Kapasitor Nonpolar.....	21
(sumber : <i>komponenelektronika.biz</i> ).....	21
Gambar 2.13 Relay.....	21
Gambar 2.14 Prinsip Kerja Relay .....	22
(Sumber : <i>www.elektrokita.com</i> ) .....	22
Gambar 2.15 Modul RTC DS1307 dan Konfigurasi PIN .....	29
(Sumber <a href="https://proyekarduino.wordpress.com/">https://proyekarduino.wordpress.com/</a> ) .....	29
Gambar 3.2 Rangkaian keseluruhan sistem .....	32
Gambar 3.3 Mikrokontroler Arduino Uno .....	33

Gambar 3-1 Blok diagram .....	<b>34</b>
Gambar 3.9 Diagram alir/ Flowchart sistem emulator pada smartgrid .....	<b>35</b>

## **ABSTRAK**

Semakin meningkatnya penggunaan energi listrik perlu diimbangi dengan penyediaan energi listrik pada sisi pembangkitan. Penyediaan energi listrik saat ini mulai menggunakan sumber energi listrik terbarukan sebagai salah satu penyelesaian masalah kesetimbangan pada sistem tenaga listrik. Perkembangan penyediaan daya listrik saat ini mulai menggunakan energi listrik terbarukan cahaya matahari, dan angin sebagai salah satu penyelesaian masalah kebutuhan beban. Photovoltaic emulator adalah sebuah alat simulator yang berfungsi untuk mensimulasikan sistem pembangkit secara virtual. Rancang bangun alat berupa komponen elektronik yang dibangun dengan beberapa sensor, sebuah kontroler, beberapa driver, beberapa beban dan sebuah interface. Cara kerja emulator adalah mensimulasikan sistem pembangkit dengan pembebanan nyata dalam sebuah perangkat lunak yang bekerja pada komputer photovoltaic. Dimana komponen elektronika digunakan untuk mensimulasikan beban secara real namun pada ukuran miniatur. Sedangkan perangkat lunak digunakan sebagai suatu emulator sistem smartgrid yang menampilkan nilai pembebanan maupun nilai pembangkit pada monitor komputer.

**Kata Kunci :** *Energy surya, Emulator, sistem smartgrid*

## ABSTRACT

The increasing use of electrical energy needs to be balanced with the provision of electrical energy on the generation side. The provision of electrical energy is currently starting to use renewable sources of electrical energy as a solution to the problem of equilibrium in the electric power system. The development of electricity supply is currently starting to use renewable electrical energy, sunlight and wind as one of the solutions to the problem of load requirements. Photovoltaic emulator is a simulator tool that serves to simulate the generating system virtually. The design of the tool is in the form of electronic components that are built with several sensors, a controller, several drivers, several loads and an interface. The emulator works by simulating a generator system with real loading in a software that works on a photovoltaic computer. Where electronic components are used to simulate loads in real but at a miniature size. While the software is used as a smartgrid system emulator that displays the loading value and generator value on a computer monitor.

**Key Word :** *Solar energy, Emulator, smartgrid system*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi yang diiringi dengan bertambahnya peralatan-peralatan listrik yang dapat mempermudah kehidupan manusia sehari-hari menyebabkan penggunaan energi listrik yang meningkat. Semakin meningkatnya penggunaan energi listrik perlu diimbangi dengan penyediaan energi listrik pada sisi pembangkitan. Penyediaan energi listrik saat ini mulai menggunakan sumber energi listrik terbarukan sebagai salah satu penyelesaian masalah kesetimbangan pada sistem tenaga listrik. Perkembangan penyediaan daya listrik saat ini mulai menggunakan energi listrik terbarukan (cahaya matahari, dan angin) sebagai salah satu penyelesaian masalah kebutuhan beban.

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu dari pembangkit listrik energi terbarukan. Pada tugas akhir ini, penulis membahas mengenai rancang bangun sebuah photovoltaic emulator berbasis mikrokontroler atmega 328P. Photovoltaic emulator adalah sebuah alat simulator yang berfungsi untuk mensimulasikan sistem pembangkit secara virtual. Rancang bangun alat berupa komponen elektronik yang dibangun dengan beberapa sensor, sebuah kontroler, beberapa driver ,beberapa beban dan sebuah interface. Cara kerja emulator adalah mensimulasikan sistem pembangkit dengan pembebanan nyata dalam sebuah perangkat lunak yang bekerja pada komputer photovoltaic. Komputer photovoltaic akan menampilkan performansi sistem pembangkit terhadap perubahan beban. Untuk melakukan itu maka sebagai input emulator dibuat alat yang dapat membaca data dari beban dan mengumpulkannya sebagai input. Alat yang dirancang ini menggunakan sensor arus dan sensor tegangan untuk membaca kondisi arus dan tegangan saat pembebanan. Untuk pembebanan itu sendiri diatur oleh mikrokontroler berdasarkan waktu dan beban acak. Terdapat beberapa beban yang digunakan yaitu motor induksi, lampu pijar, elemen pemanas dan sebagainya. Sedangkan pada pembangkit itu sendiri disimulasikan dengan cara memberi masukan melalui cahaya. Untuk membaca

intensitas cahaya digunakan sensor LDR. LDR mendapat masukan dari cahaya matahari tiruan yaitu lampu pijar yang dapat diatur intensitasnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menjalankan sistem photovoltaic emulator menggunakan mikrokontroler atmega 328P dan photovoltaic.
2. Bagaimana membangun konektifitas antara rangkaian mikrokontroler dengan software emulator pada photovoltaic sehingga emulator dapat bekerja.
3. Bagaimana menjalankan software untuk atmega 328P dan software emulator dalam photovoltaic untuk mensimulasikan sistem pembangkit photovoltaic.

## **1.3 Batasan masalah**

1. Rancang bangun menggunakan mikrokontroler Atmega 328P dalam modul Arduino uno sebagai pengendali utama .
2. Rancang bangun menggunakan sensor cahaya (LDR) sebagai alat untuk mendeteksi intensitas sinar matahari.
3. Rancang bangun menggunakan beberapa beban untuk simulasi pembebanan.
4. Software Emulator photovoltaic dibuat dalam photovoltaic dengan menggunakan bahasa pemrograman visual basic.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk menjalankan sebuah photovoltaic emulator dengan photovoltaic dan atmega 328.
2. Membangun konektifitas antara rangkaian dengan emulator pada photovoltaic.



3. Menjalankan sebuah software emulator pada photovoltaic dan program atmega 328P.

### **1.5 Manfaat penelitian**

- Bermanfaat sebagai alat yang dapat mensimulasikan sistem pembangkit photovoltaic secara virtual dengan emulator photovoltaic.
- Dapat digunakan sebagai bahan analisa sistem photovoltaic terhadap perubahan beban.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini di uraikan secara singkat sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan di dalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam Rancang Bangun Photovoltaic Emulator Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 328P Sebagai Komponen Pengendali tersebut.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dan langkah-langkah pengujian.

## **BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalamnya.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

##### **2.1.1 Smart Grid**

Smart Grid merupakan jaringan listrik cerdas yang menggunakan teknologi informasi dan komunikasi untuk pengoperasiannya dan bertindak berdasarkan informasi, seperti sebuah informasi mengenai reaksi atau tindakan dari penyedia dan konsumen, digunakan secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, ekonomi dan keberlanjutan pembangkit serta distribusi listrik. Di sisi lain untuk mengevaluasi dan memvalidasi gagasan baru mengenai Smart Grid dilingkungan laboratorium memerlukan platform eksperimental yang bagus, baik berupa simulator perangkat lunak dan emulator, sehingga tidak mengganggu beroperasinya sistem Smart Grid pada sistem tenaga listrik yang tersedia (Susilo et al., 2018)

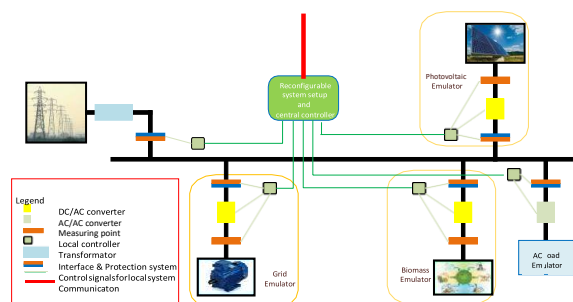
Berdasarkan standar internasional IEC 61850 dan 61968, mendefinisikan keseluruhan arsitektur Smart Grid dan karakteristiknya dapat diringkas sebagai berikut :

- Self-Healing dengan cara mendeteksi dan respon langsung terhadap masalah sistem serta melakukan pemulihan.
- Penyediaan kualitas daya yang tinggi kepada seluruh konsumen dan pelanggan industri.
- Mengakomodasi berbagai pilihan pembangkitan dalam skala regional.
- Pemberdayaan pelanggan dengan memperbolehkan melakukan manajemen energi.
- Toleransi serangan dengan kemampuan dapat tahan terhadap serangan fisik dan cyber.

Teknologi smart grid dapat digunakan menjadi solusi produktivitas penyediaan tenaga listrik dari energi terbarukan karena dapat menyediakan pembangkit listrik dari local energy resource, pengembangan sistem dan integrasi pembangkit listrik serta interkoneksi antar sistem terisolasi dan hybrid dapat dilakukan, sehingga pemanfaatan energi terbarukan menjadi optimal dan efisien.

## 2.1.2 Smart Grid Emulator

Smart Grid Emulator merupakan suatu tiruan atau prototipe dari sistem Smart Grid yang berguna untuk analisa dari keadaan nyata berupa simulasi maupun emulasi. Dalam penerapan Sistem Smart Grid perlu dipertimbangkan untuk kelayakan dan kemungkinan sistem dapat bekerja dengan baik, sehingga perlu dilakukan penelitian terlebih dahulu. Smart grid emulator juga dapat secara langsung digunakan untuk pembelajaran mengenai sistem smart grid.



**Gambar 2.1** Smart Grid Emulator

(Sumber: *en.wikipedia.com*)

## Photovoltaic Emulator

Photovoltaic Emulator merupakan pembangkit listrik tenaga surya tiruan yang dibuat untuk meniru karakteristik arus dan tegangan keluaran yang ada solar panel. Pada photovoltaic emulator dimana kondisi lingkungan dapat terkendali, tidak terpengaruh oleh faktor eksternal seperti suhu dan cuaca. Hal ini memungkinkan emulator photovoltaic dapat digunakan secara berulang untuk menguji peralatan-peralatan (Mallal et al., 2019)

## 2.2 Sensor Arus ACS 712

ACS712 adalah Hall Effect current sensor. Hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan

proteksi beban berlebih, bentuk fisik dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.

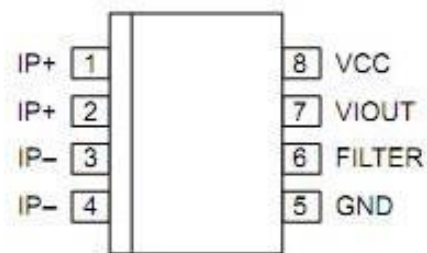


Gambar 2.2 Sensor arus ACS712  
(Sumber :[www.elektrokita.com](http://www.elektrokita.com))

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Berikut terminal list dan gambar pin out ACS712 (Taif, et al., 2019)

## Pin-out Diagram



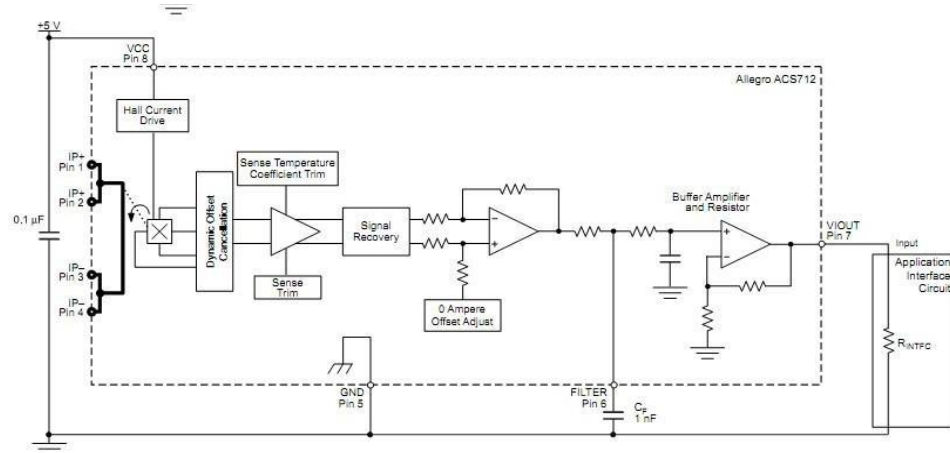
Gambar 2.3 Pin out ACS712

(Sumber: <https://depokinstruments.wordpress.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-ac712/>)

Tabel 2.1 Terminal list sensor arus ACS712.

Number	Name	Description
1 and 2	IP +	Terminals for current being sampled ; fused internally
3 and 4	IP -	Terminals for current being sampled ; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

Pada gambar 2.3 pin out dan tabel 2.1 terminal list diatas dapat kita lihat tata letak posisi I/O dari sensor arus dan kegunaan dari masing-masing pin dari sensor arus ACS712. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 mΩ dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor leads/mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.4 blok diagram sensor arus ACS712.



Gambar 2.4 Gambar blok diagram ACS712

(Sumber: <https://depokinstruments.wordpress.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-ac712/>)

### 2.2.1 Fitur ACS712

**Fitur yang dimiliki ACS712 sebagai berikut:**

- Rise time output = 5  $\mu$ s.
- Bandwidth sampai dengan 80 kHz.
- Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .
- Tahanan konduktor internal 1,2 m $\Omega$ .
- Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin 1-4 dan pin 5-8.
- Sensitivitas output 185 mV/A.
- Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
- Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.
- Tegangan kerja 5 VDC.

Rumus tegangan pada pin Out =  $2,5 \pm (0,185 \times I)$  Volt, dimana I = arus yang terdeteksi dalam satuan Ampere [3].

### 2.3 Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk mengukur tegangan AC atau DC. Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan (Rizal Fachri, 2016) pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.5 Sensor Tegangan  
(Sumber :[www.elektrokita.com](http://www.elektrokita.com))

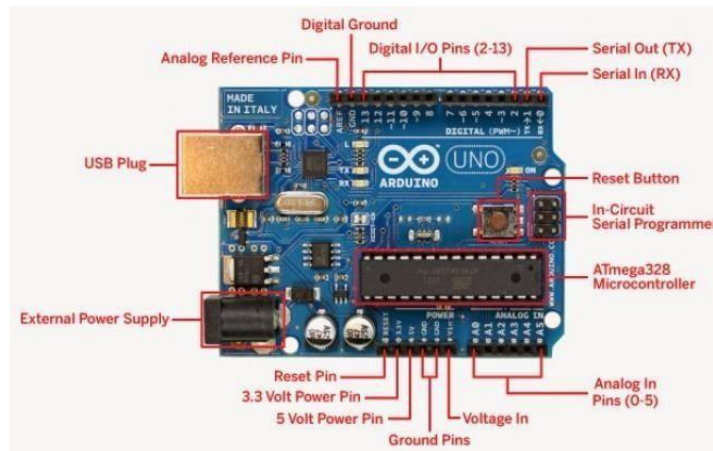
#### Fitur-fitur dan kelebihan:

- Variasi Tegangan masukan: DC 0 - 25 V
- Deteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0.02445 V - 25 V
- Tegangan resolusi analog: 0,00489 V
- Tegangan DC masukan antarmuka: terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND
- Output Interface: "+" Koneksi 5 / 3.3V, "-" terhubung GND, "s" terhubung Arduino pin A0
- DC antarmuka masukan: red terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND



## 2.4 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari board Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino, untuk suatu perbandingan dengan versi sebelumnya (Farnell, 2013)



Gambar 2.6 Bentuk Fisik Arduino Uno

(Sumber :[www.elektrokita.com](http://www.elektrokita.com))

## 2.5 Mikrokontroler Arduino Uno

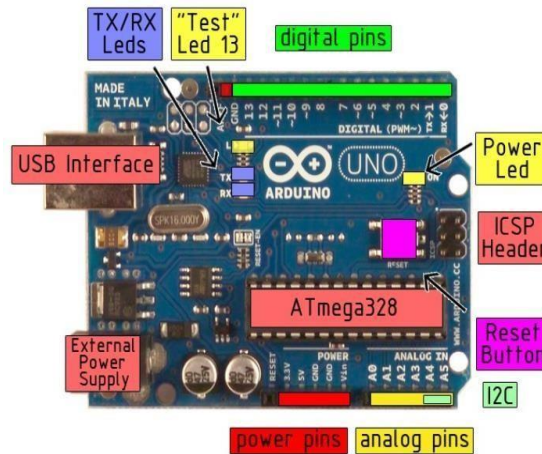
Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Lebih lanjut, mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (*Personal Computer*) yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler (Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, 2014)

Arduino merupakan sebuah *board minimum system* mikrokontroler yang bersifat *open source*. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATMega 328 yang merupakan produk dari Atmel.

Arduino merupakan *platform* yang terdiri dari *software* dan *hardware*. *Hardware* Arduino sama dengan mikrokontroler pada umumnya hanya pada arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software* Arduino merupakan *software open source* sehingga dapat di download secara gratis. *Software* ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke dalam Arduino. Pemrograman Arduino tidak sebanyak tahapan mikrokontroler konvensional karena Arduino sudah didesain mudah untuk dipelajari, sehingga para pemula dapat mulai belajar mikrokontroler dengan Arduino (M.S Mukhlis, Yamato, 2015)

Arduino adalah *kit* elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

Berdasarkan pengertian yang dikemukakan diatas dapat disimpulkan bahwa arduino merupakan *kit* elektronik atau papan rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel serta *software* pemrograman yang berlisensi *open source*.



Gambar 2.7 Bentuk Fisik Arduino Uno  
(Sumber :[www.elektrokita.com](http://www.elektrokita.com))

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan ketika hendak memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika memprogram mikrokontroler. *Port* USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial (Adriansyah & Hidyatama, 2013)

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin masukan analog dan 14 pin digital *input/output*. Untuk 6 pin analog bisa difungsikan sebagai *output* (keluaran) digital jika diperlukan *output* digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam *board* bisa dilihat pin digital diberi keterangan 0-13, sehingga untuk menggunakan pin analog menjadi *output* digital, pin analog pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin *output* digital 14-16.

Sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri dalam menggunakan *board* ini, karena dengan sifat *open source* komponen yang

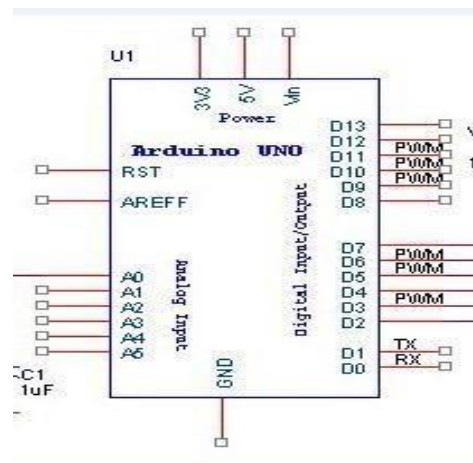
dipakai tidak hanya tergantung pada satu merk, namun memungkinkan bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler. Deskripsi Arduino UNO :

#### Deskripsi Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

(Sumber : [www.insauin.blogspot.com](http://www.insauin.blogspot.com))



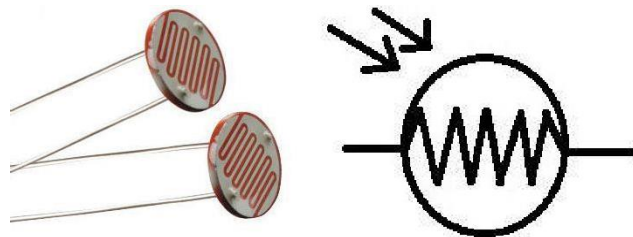
Gambar 2.8 Rangkaian Arduino Uno

(Sumber : [www.blogadisanjaya.com](http://www.blogadisanjaya.com))

## 2.6 Sensor Cahaya Light Dependent Resistor (LDR)

Light Dependent Resistor (LDR) ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya (Ii & Pustaka, n.d.)

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar  $10\text{ M}\Omega$  dan dalam keadaan terang sebesar  $1\text{K}\Omega$  atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti senyawa kimia *cadmium sulfide*. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 2.9 Bentuk Fisik Dan Simbol LDR  
(sumber: data sheet CDS Light-Dependent Photoresistors, 2010)

LDR digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Saklar cahaya otomatis dan alarm pencuri adalah beberapa contoh alat yang menggunakan LDR. Akan tetapi karena responnya terhadap cahaya cukup lambat, LDR tidak digunakan pada situasi di mana intensitas cahaya berubah secara drastis. Sensor ini akan berubah nilai hambatannya apabila ada perubahan tingkat kecerahan cahaya.

## **2.6.1 Karakteristik Sensor Cahaya LDR**

Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju *Recovery* dan Respon Spektral sebagai berikut:

### **2.6.1.1 Laju Recovery Sensor Cahaya LDR**

Bila sebuah Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju *recovery* merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik (Ii & Pustaka, n.d.)

Untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

### **2.6.1.2 Respon Spektral Sensor Cahaya LDR**

Sensor cahaya LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak, digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik.

## **2.6.2 Prinsip Kerja LDR**

Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup, LDR menjadi konduktor yang buruk atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup.

Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang, LDR menjadi konduktor yang baik atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi kecil pada saat cahaya terang.

Misalnya untuk rangkaian sistem alarm cahaya (menggunakan LDR) yang aktif ketika terdapat cahaya. Ketika akan mengatur kepekaan LDR dalam suatu rangkaian maka perlu digunakan potensiometer. Atur letaknya agar ketika mendapat cahaya maka buzzer atau bell akan berbunyi dan ketika tidak mendapat cahaya maka buzzer atau bell tidak akan berbunyi.

## 2.7 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, di mana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya (Handoko et al., 2015)



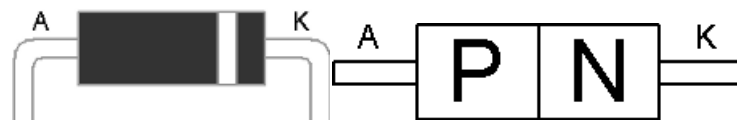
Gambar 2.10 Transistor  
(sumber : komponenelektronika.biz)

### Fungsi Transistor :

- Penguat Tegangan
- Penguat Arus
- Penguat Daya
- Saklar
- Sensor Suhu
- Regulator tegangan
- Osilator / Pembangkit sinyal
- Modulator Sinyal

## 2.8 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang hanya memperbolehkan arus listrik mengalir dalam satu arah sehingga dioda biasa disebut juga sebagai “Penyearah” Dioda terbuat dari bahan semikonduktor jenis silicon dan germanium. Dioda terbuat dari penggabungan dua tipe semikonduktor yaitu tipe P (Positive) dan tipe N (Negative), kaki dioda yang terhubung pada semikonduktor tipe P dinamakan “Anode” sedangkan yang terhubung pada semikonduktor tipe N disebut ”Katode”. Pada bentuk aslinya pada dioda terdapat tanda cincin yang melingkar pada salah satu sisinya, ini digunakan untuk menandakan bahwa pada sisi yang terdapat cincin tersebut merupakan kaki Katode. Arus listrik akan sangat mudah mengalir dari anoda ke katoda hal ini disebut sebagai “Forward-Bias” tetapi jika sebaliknya yakni dari katoda ke anoda, arus listrik akan tertahan atau tersumbat hal ini dinamakan sebagai “Reverse-Bias”(Surjono, 2007)



Gambar 2.11 Simbol Dioda  
(sumber : komponenelektronika.biz)



## **JENIS-JENIS DIODA :**

### **2.8.1 Diode Zener**

Ketika tegangan reserve-bias maksimum diberikan kepada dioda, maka arus listrik akan mengalir seperti layaknya pada keadaan forward-bias. Arus listrik ini tidak akan merusak dioda jika tidak melebihi dari apa yang telah ditentukan. Ketika tegangan reserve-bias ini dapat dikendalikan pada level tertentu maka dioda ini disebut sebagai Dioda Zener.

### **2.8.2 LED (Light Emitting Diodes)**

LED merupakan jenis dioda yang jika diberikan tegangan forward-bias akan menimbulkan cahaya dengan warna-warna tertentu seperti merah, hijau, dan kuning.

### **2.8.3 Photodiode**

Photodiode adalah dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya, dimana jika photodiode terkena cahaya maka photodiode bekerja seperti dioda pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka photodiode akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir.

## **2.9 Kapasitor**

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik (Basri & Irfan, 2018)

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung

kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.berikut adalah jenis-jenis kapasitor:

### 2.9.1 Kapasitor Polar

Sesuai dengan namanya kapasitor ini memiliki polaritas pada kedua kakinya yaitu polaritas positif (+) dan polaritas negatif (-). Kapasitor ini termasuk dalam kelompok kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tetap dan memiliki nilai kapasitas yang besar.



Gambar 2.12.a Kapasitor  
(sumber : komponenelektronika.biz)

### 2.9.2 Kapasitor Variabel

Kapasitor variabel adalah kapasitor yang nilai kapasitas-nya dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Oleh karena itu kapasitor ini di kelompokkan ke dalam kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tidak tetap.



Gambar 2.12.b Kapasitor Variabel  
(sumber : komponenelektronika.biz)

### 2.9.3 Kapasitor Nonpolar

Kapasitor nonpolar merupakan jenis kapasitor yang memiliki kapasitas yang tetap, kapasitor ini memiliki kapasitas yang tidak terlalu besar serta tidak dibedakan antara kaki positif dan negatifnya.



Gambar 2.12.c Kapasitor Nonpolar  
(sumber : komponenelektronika.biz)

### 2.10 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen electromechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal.

Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Berikut adalah gambar dan juga simbol dari komponen relay.



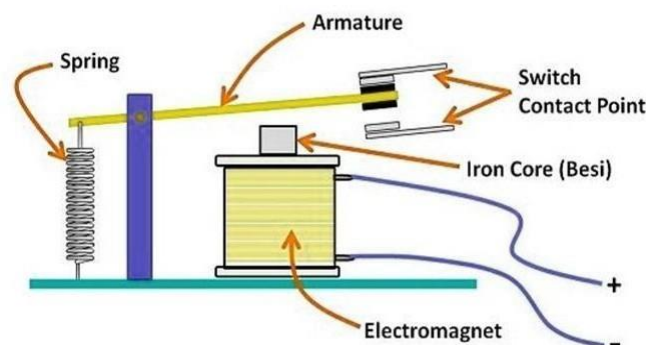
Gambar 2.13 Relay  
(Sumber : indelektro.blogspot.com)

Berikut adalah beberapa fungsi komponen relay saat diaplikasikan ke dalam sebuah rangkaian elektronika.

1. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah.
2. Menjalankan fungsi logika alias logic function.
3. Memberikan fungsi penundaan waktu alias time delay function.
4. Melindungi motor atau komponen lainnya dari kelebihan tegangan atau korsleting.

### 2.10.1 Prinsip Kerja Relay

Setelah mengetahui pengertian dan fungsi relay, berikut adalah cara kerja atau prinsip kerja relay yang juga harus di ketahui. Dalam sebuah relay terdapat 4 buah bagian penting yakni Electromagnet (Coil), Armature, Switch Contact Point (Saklar), dan Spring. Lebih jelasnya lihat gambar di bawah ini.



Gambar 2.14 Prinsip Kerja Relay  
(Sumber :[www.elektrokita.com](http://www.elektrokita.com))

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sebuah besi (Iron Core) yang dililit oleh kumparan coil, berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut.

Apabila Kumparan coil dialiri arus listrik, maka akan muncul gaya elektromagnetik yang dapat menarik Armature sehingga dapat berpindah dari posisi sebelumnya tertutup (NC) menjadi posisi baru yakni terbuka (NO). Dalam posisi (NO) saklar dapat menghantarkan arus listrik. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali ke posisi awal (NC). Sedangkan Coil yang

digunakan oleh relay untuk menarik Contact Poin ke posisi close hanya membutuhkan arus listrik yang relatif cukup kecil (Wicaksono, n.d.)

1. NC atau Normally Close adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi close (tertutup).
2. NO atau Normally Open adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi open (terbuka).

## 2.11 Bahasa Pemrograman Arduino Uno

Arduino board merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (software) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. Arduino board akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya.

Bahasa Pemrograman Arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk arduino board. Bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya.

Sebuah program Arduino minimal terdiri dari 2 bagian :

### **Inisialisasi**

Inisialisasi merupakan proses mengatur hardware seperti port I/O, PWM, serial dan peripheral lain. Struktur ini ditulis diawal program. Sebagai contoh port I/O mempunyai beberapa fungsi : digital input, digital output, serial komunikasi dan PWM. Sebuah port hanya dapat berfungsi untuk 1 tujuan, jadi jika kita hendak menggunakan port tersebut sebagai digital output maka harus di inisialisasi terlebih dahulu sebagai port output. Inisialisasi menggunakan struktur setup (). Sebagai contoh :

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

### **Program utama**

Setelah melakukan inisialisasi selanjutnya program yang dikerjakan adalah program utama, tergantung dari aplikasi yang dibuat, isi dari program utama

berbeda antara satu program dengan program yang lain. Struktur yang digunakan adalah loop () . Sebagai contoh : void loop()

```
{
}
```

- Ekspresi Bilangan

Dalam pemrograman Arduino, bilangan dapat diekspresikan dalam beberapa format.

- Desimal

Ditulis biasa tanpa tambahan apapun. Contoh : 234.

Oktal

Ditulis dengan awalan angka '0' (nol) didepan. Contoh : 0631.

- Biner

Penulisan diawali dengan huruf 'B'. Contoh : B11100011.

- Heksadesimal

Diawali dengan '0x' . Contoh : 0x8C.

- Kontrol Program

Sebuah program yang kita buat membutuhkan suatu kontrol, misalnya pengujian kondisi, melompat pada perintah yang lain dan sebagainya.

- Pengujian Kondisi

**if**

Digunakan untuk menguji kondisi, jika kondisi tersebut benar maka perintah didalam If akan dikerjakan.

```
if (kondisi)
```

```
{
```

```
Pernyataan/perintah;
```

```
}
```

**if – else**

Hampir sama dengan if, hanya saja ada 2 pilihan pernyataan/perintah. Jika kondisi benar maka perintah didalam blok if yang dikerjakan, jika kondisi salah maka pernyataan di dalam else yang dikerjakan.

```
if (kondisi)
```

```
{
```

Pernyataan/perintah 1:

}

else

{

Pernyataan/perintah 2;

}

### **if – else if**

Untuk pengujian dengan banyak kondisi maka digunakan if – else if.

if (kondisi 1)

{

Pernyataan/perintah 1;

} else if

(kondisi2)

{

Pernyataan/perintah 2;

} else if (kondisi

ke-n)

{

Pernyataan/perintah ke-n;

}

- Operator Aritmatika

Tabel 2.2 Operator Aritmatika Arduino

Operator	Keterangan
=	Pemberian Nilai
+	Operasi Penjumlahan
-	Operasi Pengurangan
*	Operasi Perkalian
/	Operasi Pembagian
%	Operasi Sisa Pembagian

- Operator Perbandingan

Tabel 2.3 Operator Aritmatika Arduino

Operator	Keterangan
==	Operator persamaan. Jika kedua nilai yang dibandingkan sama hasilnya 'true'
!=	Pertidaksamaan. Jika kedua nilai yang dibandingkan tidak sama hasilnya 'true'
>	Lebih besar
<	Lebih kecil
>=	Lebih besar atau sama dengan
<=	Lebih kecil atau sama dengan

- Pin Input – Output

Pada board Arduino UNO terdapat 13 pin I/O, dari namanya kita tahu bahwa fungsinya dapat sebagai pin input (masukan) maupun pin output (keluaran).

- Inisialisasi Fungsi Pin I/O

Sebuah pin pada saat yang sama hanya mempunyai satu fungsi, sebagai input saja atau output saja, untuk itu harus ditentukan dulu fungsinya, yaitu ketika inisialisasi setup () , dengan cara :

`pinMode(pin, mode);`

- pin : nomor pin yang akan dikonfigurasi (nomor pin pada board Arduino UNO, 0 – 13 atau A0 – A5).
- mode : INPUT atau OUTPUT.

- **Menulis Data Digital di Pin Output**

Setelah membuat pin sebagai digital output dengan fungsi `pinMode(pin,OUTPUT)` selanjutnya untuk menulis atau mengeluarkan data digital dengan perintah :

`digital Write(pin, value);`

- pin : nomor pin digital output.



- value : HIGH atau 1 (5 volt) atau LOW atau 0 (0 volt/ground).

### **Membaca Data Digital di Pin Input**

Jika sebuah pin dibuat sebagai pin input, maka kita masih harus menentukan tipe inputnya : floating atau pullup. Jika kita pilih pullup maka resistor pullup internal (pada setiap pin) akan aktif. Caranya adalah :

`digitalWrite(pin, value);`

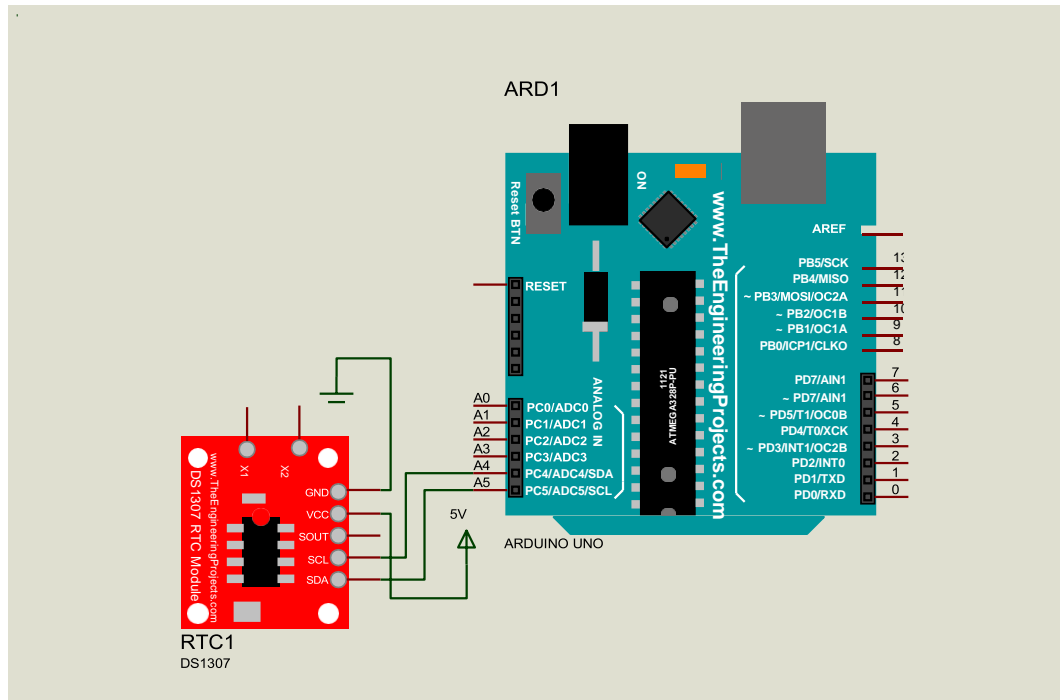
- pin : nomor pin yang diset sebagai pin input.
- value : HIGH atau 1 (pullup aktif) atau LOW atau 0 (floating).

Setelah diset sebagai pin input, fungsi pembacaan data digitalnya adalah :

`Var=digitalRead(pin);`

### **2.12 Real Time Clock (RTC)**

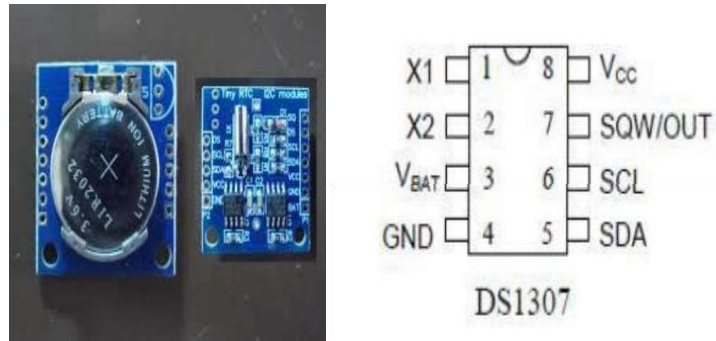
Real time clock merupakan sebuah IC yang berfungsi untuk penyimpanan waktu dan tanggal, yang dapat dilihat pada gambar 2. RTC DS1307 merupakan real time clock yang menggunakan jalur data paralel yang dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan, dan tahun validnya hingga 2100. Komunikasi data dari RTC DS1307 menggunakan I2C (Inter Integrated Circuit)(Zulfikri et al., 2017)



Gambar 4. hubungan RTC DS1307 pada mikrokontroler Arduino Uno

Fungsi RTC DS1307 adalah sebagai jam digital yang memberikan informasi waktu pada mikrokontroler untuk mensimulasikan pembebanan berdasarkan jam sehingga simulasi dapat mendekati realitas penggunaan beban, misalnya pada malam hari beban lebih berat pada kebutuhan rumah tangga atau perhotelan sedangkan pagi hingga siang lebih kearah industri dan tengah malam hanya pada lampu jalan dan sebagainya.

Hanya 2 jalur yang digunakan untuk berkomunikasi diantaranya yaitu CSL dan SDA. RTC DS1307 sendiri memiliki ketelitian dengan error 1 menit pertahunnya



Gambar 2.15 Modul RTC DS1307 dan Konfigurasi PIN

(Sumber <https://proyekarduino.wordpress.com/>)

Fungsi dari pin RTC DS1307 seperti berikut:

1. Pin 1 (X1) berfungsi sebagai saluran clock yang bersumber dari kristal eksternal sebagai pembangkit clock.
2. Pin 2 (X2) berfungsi sebagai keluaran dari kristal yang terhubung dengan X1.
3. Pin 3 (Vbat) berfungsi sebagai saluran energi listrik dari baterai eksternal dalam menjalankan waktu dan tanggal.
4. Pin 4 (GND) menghubungkan ground yang dimiliki dengan ground dari baterai backup. Yang berfungsi untuk mengurangi noise yang dikarenakan daya yang kurang baik, ataupun kualitas komponen yang kurang baik.
5. Pin 5 (SDA) berfungsi sebagai saluran data untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan RTC.
6. Pin 6 (SCL) berfungsi sebagai saluran clock untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan RTC.
7. Pin 7 (SQW/Out) berfungsi untuk frekuensi gelombang jika digunakan.
8. Pin 8 (VCC) berfungsi sebagai sumber energi utama, tegangan kerjanya sebesar 5 Volt

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Tempat dan waktu**

##### **3.1.1. Tempat**

Perencanaan photovoltaic emulator dengan menggunakan ATMEGA 328P sebagai komponen pengendali yang dilakukan dilaboratorium teknik elektro kampus utama UMSU Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Medan, Sumatera Utara.

##### **3.1.2. Waktu**

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari bulan Juni s/d Januari 2020.

#### **3.2 Peralatan dan bahan**

##### **3.2.1 Bahan**

- Mikrokontroler Arduino Uno R3
- Sensor arus ACS712
- Sensor tegangan (potensiometer)
- RTC DS 1307
- Motor induksi 0,5HP
- Lampu pijar 10W
- Elemen, heater 1000W
- Lampu LED 10W
- Relay 12V
- Transistor NPN
- Dioda, resistor dan kapasitor
- Stepdown 12V

### 3.2.2 Peralatan

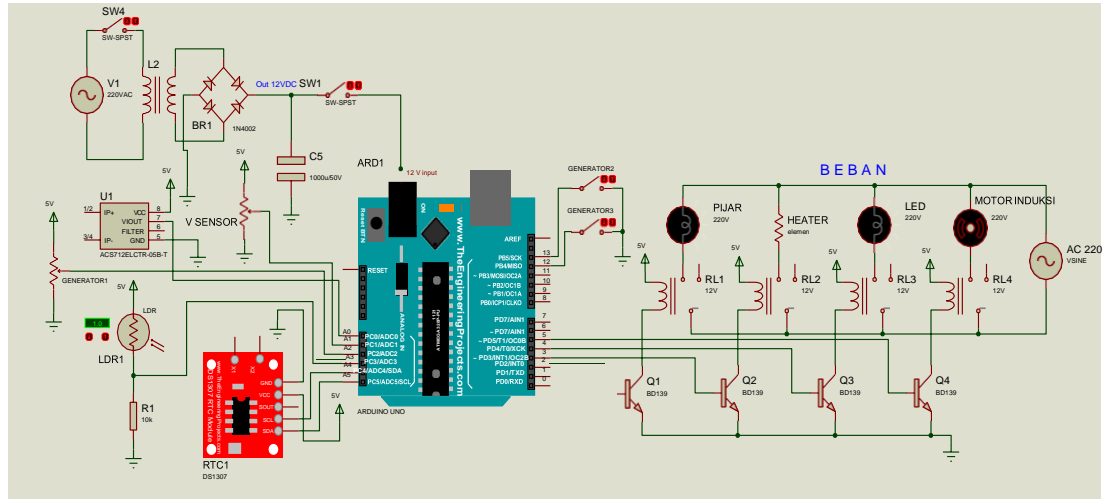
- Alat-alat ukur : Voltmeter, Ampermeter.
- Peralatan listrik /toolset.
- Perangkat lunak : Aplikasi smartgrid emulator, Arduino soft 1.8.13, proteus 8.0, Visual basic dll.
- Peralatan komputer /laptop dan printer.

## 3.2 Metode penelitian

Dalam hal ini, metode yang digunakan adalah metode perancangan yang dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Alat yang dirancang adalah sebuah sistem yang terdiri dari hardware dan software untuk mensimulasikan suatu sistem pembangkit smartgrid yang disebut smartgrid emulator, Hardware dari rangkaian elektronik seperti sensor, mikrokontroler, penguat dan beban. Sedangkan software adalah program yang dibuat untuk emulasi seperti tampilan pada komputer sistem pembebanan yang berubah-ubah berdasarkan waktu. Berikut ini akan dibahas metodologi perancangan sistem mulai dari bahan-bahan, blok diagram, prinsip kerja dan aliran proses kerja sistem(flowchart).

### 3.2.1 Rancangan perangkat keras (Hardware)

Rancangan elektronik yang diperlihatkan pada gambar 3.2 berikut ini adalah perangkat keras sistem dimana rangkaian terdiri dari beberapa komponen utama dan komponen pembantu.komponen utama antara lain adalah mikrokontroler,sensor, relay dan beban. Sedangkan komponen pembantu adalah resistor, kapasitor dan catu daya. Mikrokontroler merupakan pusat kendali yang mengontrol jalannya proses yaitu mengendalikan beban secara acak berdasarkan waktu. Mikrokontroler juga membaca arus dan tegangan kemudian menghitung daya beban dan mengirimkannya pada komputer PC untuk diemulasi. Pada bagian output mikrokontroler terdapat sejumlah beban yang dikendalikan melalui penguat dan relay(Tik, n.d.)



Gambar 3.2 Rangkaian keseluruhan sistem

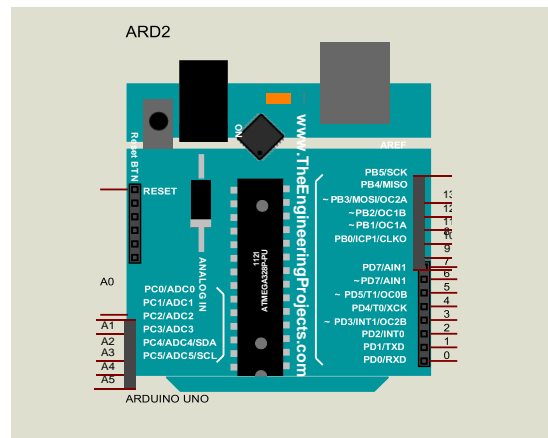
### 3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan adalah langkah awal pada tahap pengembangan suatu produk atau sistem. Perancangan dapat didefinisikan sebagai proses untuk mengaplikasikan berbagai macam teknik dan prinsip untuk tujuan pendefinisian secara rinci suatu perangkat, proses atau sistem agar dapat direalisasikan dalam suatu bentuk fisik

### 3.3.3 Arduino Uno

Mikrokontroler adalah bagian utama yang berfungsi mengendalikan sistem secara keseluruhan. Mikrokontroler berfungsi mmengolah input menjadi output Sehingga lazim disebut prosesor. Rancangan ini menggunakan mikrokontroler avr tipe Atmega 328 dengan board Arduino Uno. Terdapat beberapa I/O pada board Arduino yang berasal dari I/O chip atmega 328 yaitu 6 Pin masukan Analog dan 14 pin Digital. Semua pin secara fleksibel dapat diprogram sebagai input atau output termasuk pin analog. Rancangan ini menggunakan pin analog sebagai masukan untuk sensor arus, sensor tegangan, dan sensor cahaya, untuk masukan waktu yaitu RTC diprogram pada pin I2C yaitu pada pin A4 dan A5. Sedangkan output untuk mengendalikan beban digunakan pin 2 hingga 5. Terdapat pin masukan digital yang digunakan seperti pin 12 dan 13 untuk saklar. Saklar digunakan untuk mensimulasikan generator 1 dan generator 2 yang juga

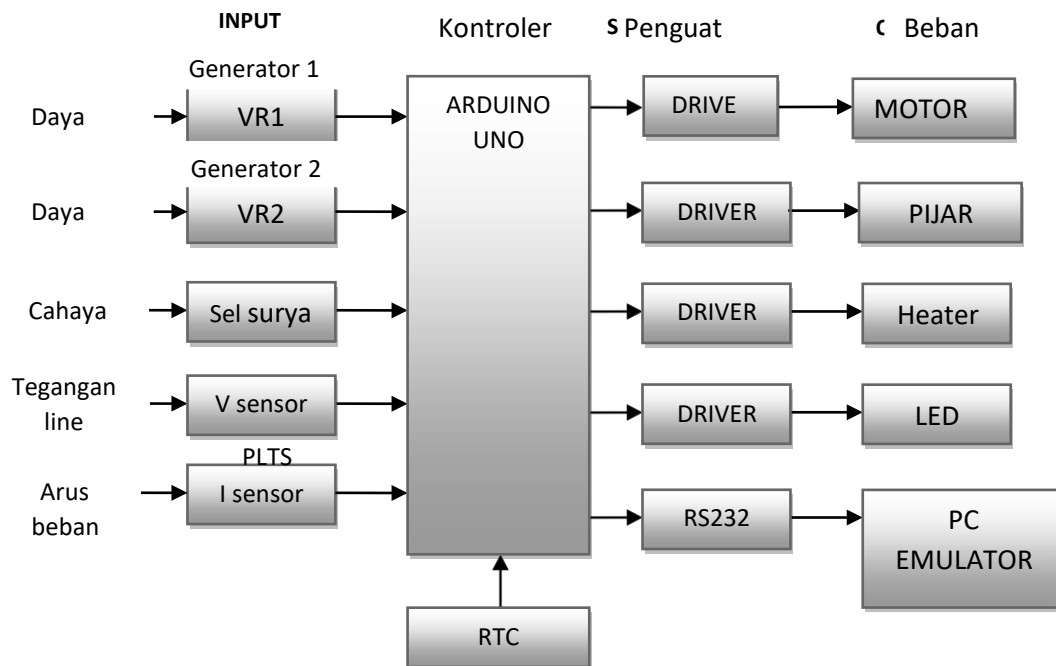
merupakan bagian dari smartgrid. Mikrokontroler Arduino diprogram dengan menggunakan bahasa C dengan perangkat lunak code vision AVR.



Gambar 3.3 Mikrokontroler Arduino Uno

### 3.4 Block diagram

Block diagram sistem yang merupakan rancangan awal sistem menjelaskan hubungan input ,proses dan output sistem . Input rancangan ini adalah dari sensor yang memberikan nilai hasil deteksi sensor yaitu tegangan dan arus. RTC (real time clock) juga memberikan input yaitu waktu real. Pada bagian output untuk rangkaian ini adalah beban seperti motor induksi, lampu pijar, elemen dan LED yang merupakan komponen untuk mensimulasikan pembebananpada sistem smartgrid. Selain. Gambar diagram blok dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini dimana arah panah menunjukkan aliran proses dari input ke output.

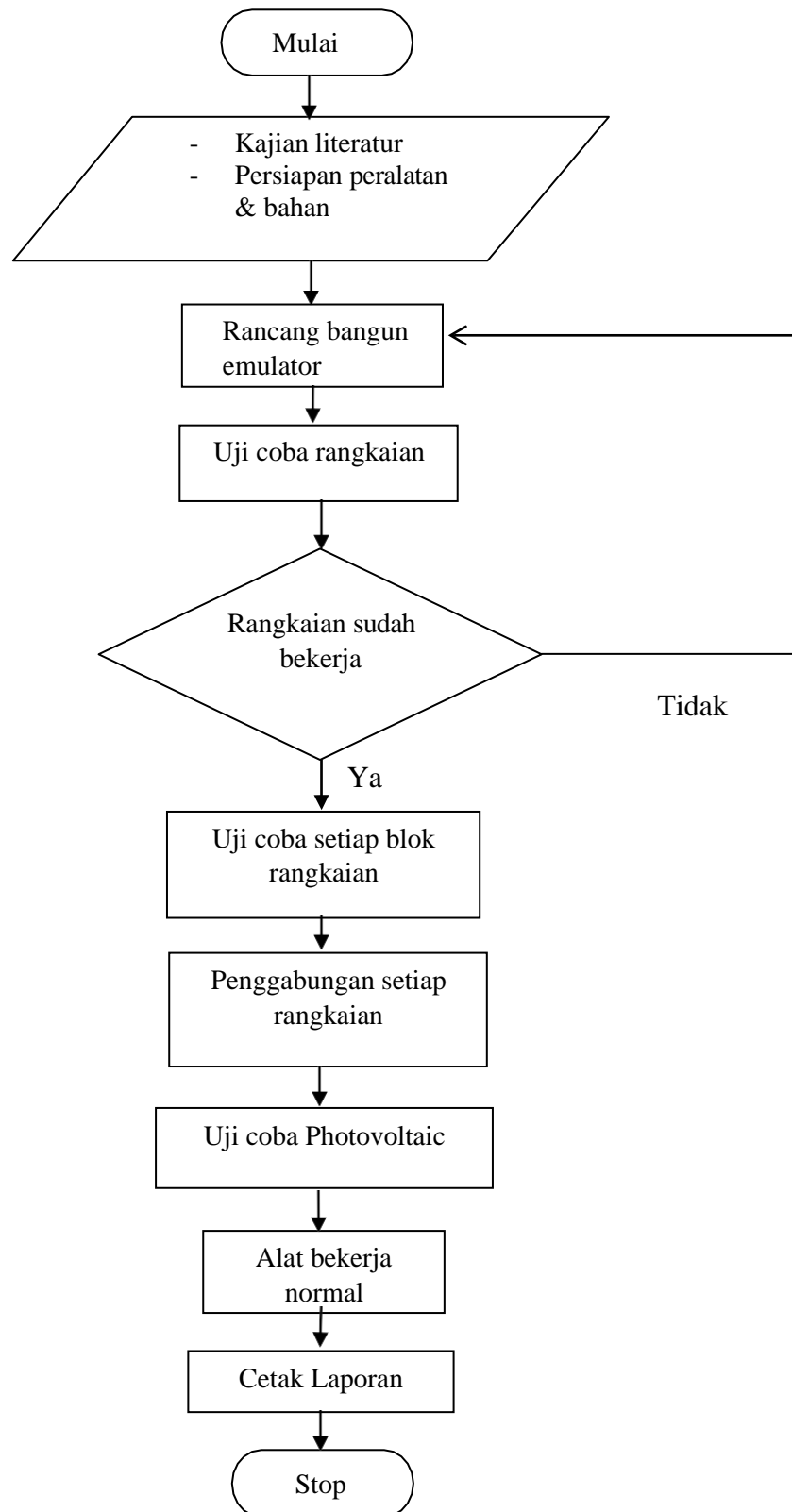


Gambar 3-1 Blok diagram

### 3.5 Diagram Alir/ Flowchart

Flowchart adalah diagram yang menggambarkan aliran proses kerja dalam program. Program dibuat dengan bahasa C dengan perangkat lunak Arduino IDE. Aliran program dimulai dari inisialisasi dan nilai awal. Setelah proses inisialisasi, program akan membaca masukan yaitu RTC yaitu nilai waktu atau jam. Berdasarkan waktu tersebut mikrokontroler mengendalikan beban yaitu beban apa yang diaktifkan dan beban apa yang tidak diaktifkan. Berdasarkan jadwal yang telah diprogram mikrokontroler mengendalikan beban secara otomatis. Setelah proses itu, program akan membaca sensor tegangan dan arus yang merupakan output beban yang diaktifkan. Besaran tegangan dan arus yang terbaca dikalibrasi menjadi nilai sebenarnya kemudian dihitung daya nya. Hasil perhitungan kemudian dikirim ke komputer Photovoltaic untuk di emulasi menjadi data sistem smartgrid. Pada komputer akan diolah oleh software emulator yang dibuat dengan bahasa pemrograman visual basic.





Gambar 3.9 Diagram alir/ Flowchart sistem emulator pada smartgrid

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

Hasil penelitian adalah sebuah sistem emulator yaitu sebuah alat yang fungsinya untuk mensimulasikan sebuah sistem smartgrid yang terdiri dari beberapa pembangkit dan beberapa jenis beban. Sebuah alat emulator berguna untuk mensimulasikan kerja sebuah sistem smartgrid. Sistem smartgrid itu sendiri adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang terintegrasi yang mampu mengatur pembebanan secara otomatis.

Pada umumnya sistem smartgrid terdiri dari beberapa sumber pembangkit dan banyak beban. Tujuan diadakan simulasi adalah untuk mengetahui dan menguji efek pembebanan pada pembangkit, dengan demikian dapat diketahui unjuk kerja sistem tersebut. Pada rancangan ini dibuat beberapa jenis pembangkit yaitu PLTS, generator diesel, generator panas bumi, dan generator bahan bakar gas. PLTS diilustrasikan dengan sebuah komponen peka cahaya yaitu LDR dimana komponen ini akan merespon cahaya dan memberikan tegangan sesuai intensitas cahaya yang mengenainya. Sedangkan untuk pembangkit lainnya disimulasikan dengan saklar dan potensiometer. Saklar untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pembangkit yang sudah tetap misalnya pembangkit dengan panas bumi yang menghasilkan 300 megawatt jika dihidupkan akan memberikan energi tambahan 300 megawatt dan akan bernilai 0 jika dimatikan. Sedangkan pembangkit yang disimulasikan dengan potensiometer adalah pembangkit dengan bahan bakar gas. Pengaturan potensiometer akan memberikan nilai berapa megawatt yang dihasilkan. Nilai ini dapat diatur mulai dari nol hingga maksimal dengan ilustrasi 0 hingga 400 mega watt.

Sistem emulator smartgrid yang dirancang dan dibuat berupa panel dengan papan 60cm x 60 cm dimana papan berdiri tegak dan dipasang beberapa komponen misalnya komponen input, sensor, mikrokontroler dan beban pada output. Input dari rangkaian adalah saklar yang memberikan ilustrasi sebuah pembangkit listrik dari panas bumi dan diesel. Potensiometer untuk pembangkit listrik bahan bakar gas dan LDR untuk pembangkit PLTS. Sedangkan untuk

output digunakan beberapa jenis beban yang berbeda antara lain yaitu beban induktif, beban kapasitif dan beban resistif. Beban induktif digunakan motor induksi 1 phasa yang mengilustrasikan beban industri karena banyak industri menggunakan motor induksi termasuk trafo. Beban kapasitif adalah beban yang mengandung nilai kapasitif misalnya lampu LED dan sebagainya. Beban ini mengilustrasikan lampu jalan ,lampu reklame dan sebagainya. Beban lainnya adalah beban yang mengandung nilai resistif , dalam hal ini digunakan lampu pijar. Lampu pijar adalah lampu yang bernilai resistansi murni , beban ini mengilustrasikan beban pemakaian listrik pada rumah tangga dan sebagainya.

Beban-beban ini diatur secara otomatis berdasarkan jadwal yaitu berdasarkan jam digital pada RTC yang ada pada rangkaian. Pengaturan jadwal dimaksudkan untuk menggambarkan pola pembebanan real, contohnya untuk aktifitas pagi hingga sore ,beban yang aktif adalah beban industri dan perkantoran. Sedangkan untuk waktu sore hingga malam beban tersebut akan non aktif dan diganti oleh beban rumah tangga dan penerangan lampu jalan. Demikian juga untuk waktu tengah malam hingga pagi hari, beban menjadi sangat minim karena hanya lampu jalan yang aktif saja. Semua data yang dihasilkan oleh kontroler Arduino akan diberikan pada komputer PC untuk di emulasi menjadi gambar Visual berupa tampilan sistem smartgrid.

Data beban dan pembangkit dikirim ke PC melalui port usb dan dibaca oleh program emulator yang dibuat dengan visual Basic. Pada tampilan akan terlihat nilai masing-masing pembangkit dan beban. Demikianlah penjelasan hasil penelitian yang dibuat dan untuk membuktikan bahwa sistem bekerja atau tidak maka langkah selanjutnya adalah dilakukannya beberapa pengujian terhadap sistem.

## 4.2 Pengujian Hasil Penelitian

### 4.2.1 Pengujian Rangkaian (hardware)

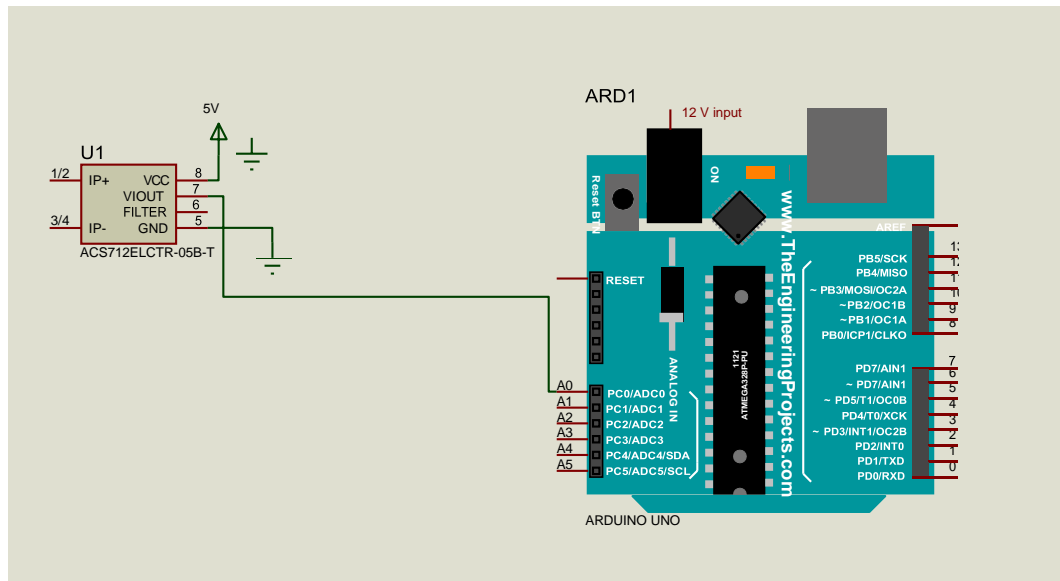
Untuk mengetahui fungsi dan kinerja rangkaian maka perlu dilakukan pengujian terhadap rangkaian yang dibuat yaitu komponen-komponen yang digunakan, fungsi kontroler, sensor dan beban. Untuk itu pengujian dilakukan terhadap masing-masing komponen dan rangkaian secara keseluruhan. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada sistem.

- **Pengujian sensor arus**

Pengujian sensor arus dilakukan dengan mengukur output sensor saat diberi beban. Sensor yang digunakan adalah jenis ACS 712 yaitu sensor dengan efek hall. Rangkaian sensor arus adalah rangkaian seri dengan beban. Output sensor arus adalah tegangan AC dengan demikian harus diukur dengan voltmeter AC. Berikut adalah hasil pengukuran pada sensor ACS 712 saat pengujian.

Tabel 4.1 Pengujian sensor arus ACS 712

Jenis beban	Arus beban(A)	Vout sensor (mV)
Lampu pijar	0,45	
Motor induksi	0,67	
Lampu LED	0,05	
Heater 1000W	4,2	



Gambar 4.? Sensor arus ACS 712 pada mikrokontroler Arduino

Sensor ACS 712 berfungsi mendeteksi arus yang disuplai ke beban. Agar simulasi beban dapat direalisasikan maka dibutuhkan sebuah sensor yang mendeteksi arus beban. TCD 712 akan mengubah besaran arus beban menjadi tegangan ekuivalen dan memberikan nilainya pada mikrokontroler Arduino.

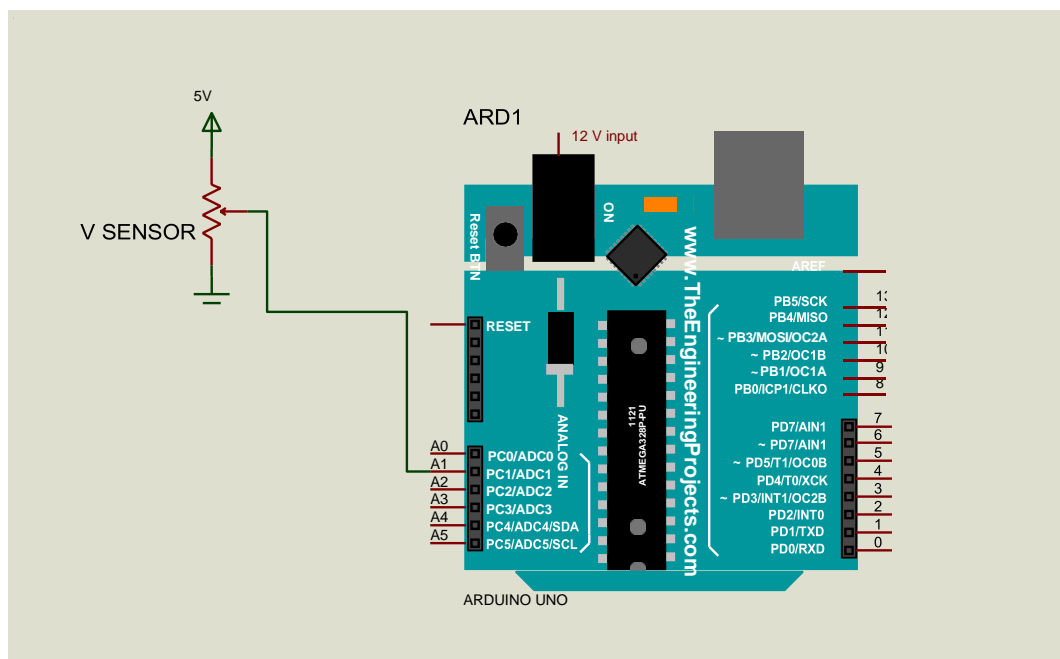
- **Pengujian sensor tegangan**

Sensor tegangan terbuat dari trafo stepdown ,penyearah dan pembagi tegangan. Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan masuk dan memberikannya pada mikrokontroler untuk menghitung daya beban. Karena output sensor adalah tegangan yang telah dibagi maka pengukuran dilakukan dengan voltmeter yaitu mengukur output dan input nya. Input nya adalah sumber tegangan dari PLN, sedangkan outputnya ada pada bagian resistor pembagi tegangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Hasil pengujian pada sensor tegangan

V input (V)	Vout sensor (V)
219	2,19
220	2,20
221	2,21
222	2,22

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan tegangan dari input ke output. Hal ini karena efek stepdown dan pembagi tegangan yang dibuat dengan faktor pelemahan 100 kali. Penurunan ini diperlukan karena batas pembacaan tegangan pada mikrokontroler adalah 5V sehingga tegangan diatur tidak melebihi tegangan tersebut.



Gambar 4.? Hubungan sensor dengan mikrokontroler Arduino

Fungsi sensor tegangan adalah mendeteksi tegangan line dalam hal ini tegangan PLN. Tujuan membaca tegangan line adalah untuk mengetahui besar tegangab. Dan digunakan untuk menghitung daya beban yaitu hasil kali tegangan dengan arus beban. Output sensor diberikan oada masukan analog mikrokontroler yaitu A1 agar diproses oleh mikrokontroler tersebut.

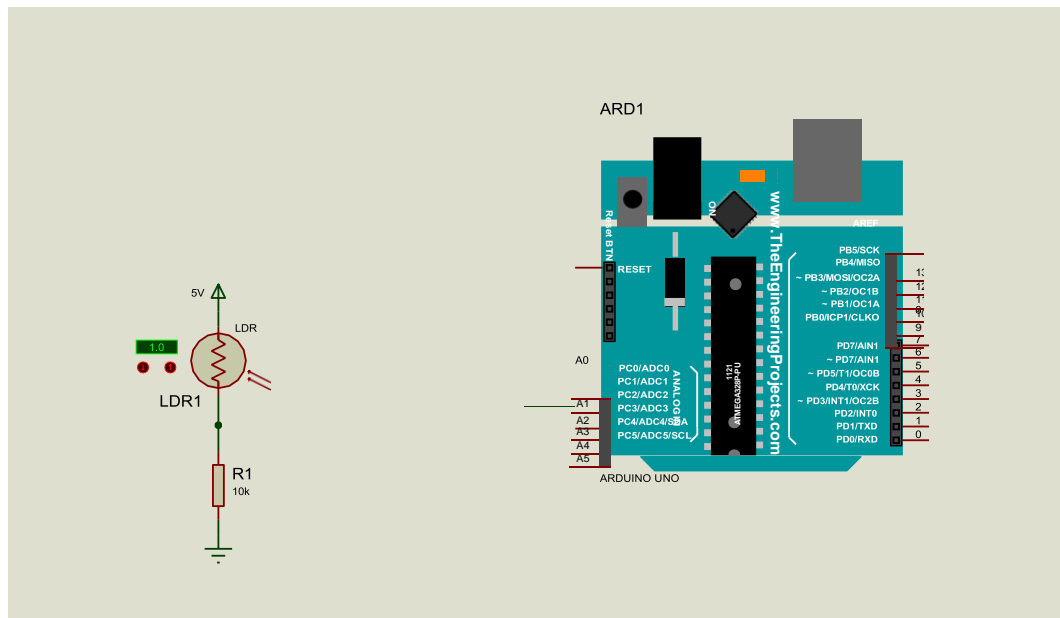
### • Pengujian LDR

Pengujian LDR bertujuan untuk melihat respon LDR terhadap cahaya yaitu perubahan nilai resistansi saat terjadi perubahan intensitas cahaya. Untuk pengujian ini dilakukan dengan beberapa jenis sumber cahaya yang menyinari sensor LDR pada jarak 1 meter.

Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor cahaya

Sumber cahaya	Resistansi(Ohms)
Tidak ada cahaya	2,1 M Ohm
Lampu senter	478K Ohm
Lampu LED 10W	69 K Ohm
Lampu pijar 100W	2,7 K Ohm
Cahaya matahari langsung	213 Ohm

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa makin tinggi intensitas maka makin rendah resistansi dari LDR. LDR memiliki sifat responsif terhadap perubahan intensitas cahaya. Dengan demikian LDR telah berfungsi dengan baik.



Gambar 4.? Hubungan sensor cahaya pada mikrokontroler Arduino

Fungsi sensor cahaya adalah untuk mendeteksi intensitas cahaya pada saat itu, sensor cahaya digunakan untuk mensimulasikan sistem pembangkit tenaga matahari. Makin besar intensitas cahaya makin besar energi listrik yang dihasilkan. Dengan demikian sensor memberikan nilai yang setara dengan cahaya yang diterima dan disimulasikan sebagai photovoltaic atau PLTS.

- **Pengujian mikrokontroler Arduino**

Arduino adalah sebuah kontroler yang diprogram dengan bahasa C. Untuk itu Arduino hanya dapat diuji dengan memprogramnya terlebih dahulu. Pada pengujian ini Arduino diprogram untuk memberikan logika di port kemudian diukur apakah logika keluaran port tersebut sesuai dengan program atau tidak. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan untuk pengujian tersebut.

**Algoritma program :**

```
Void loop () {
    Pinmode(0,Output);digitalWrite(0,HIGH);
    Pinmode(1,Output);digitalWrite(1, HIGH);
    Pinmode(2,Output);digitalWrite(2,HIGH);
    Pinmode(3,Output);digitalWrite(3, HIGH);
    Pinmode(4,Output);digitalWrite(4, LOW);
    Pinmode(5,Output);digitalWrite(5, LOW);
    Pinmode(6,Output);digitalWrite(6, LOW);
    Pinmode(7,Output);digitalWrite(7, LOW);
    Pinmode(8,Output);digitalWrite(8, HIGH);
    Pinmode(9,Output);digitalWrite(9,HIGH);
    Pinmode(10,Output);digitalWrite(10, HIGH);
    Pinmode(11,Output);digitalWrite(11, HIGH);
    Pinmode(12,Output);digitalWrite(12,LOW);
    Pinmode(13,Output);digitalWrite(13, LOW);
}
```

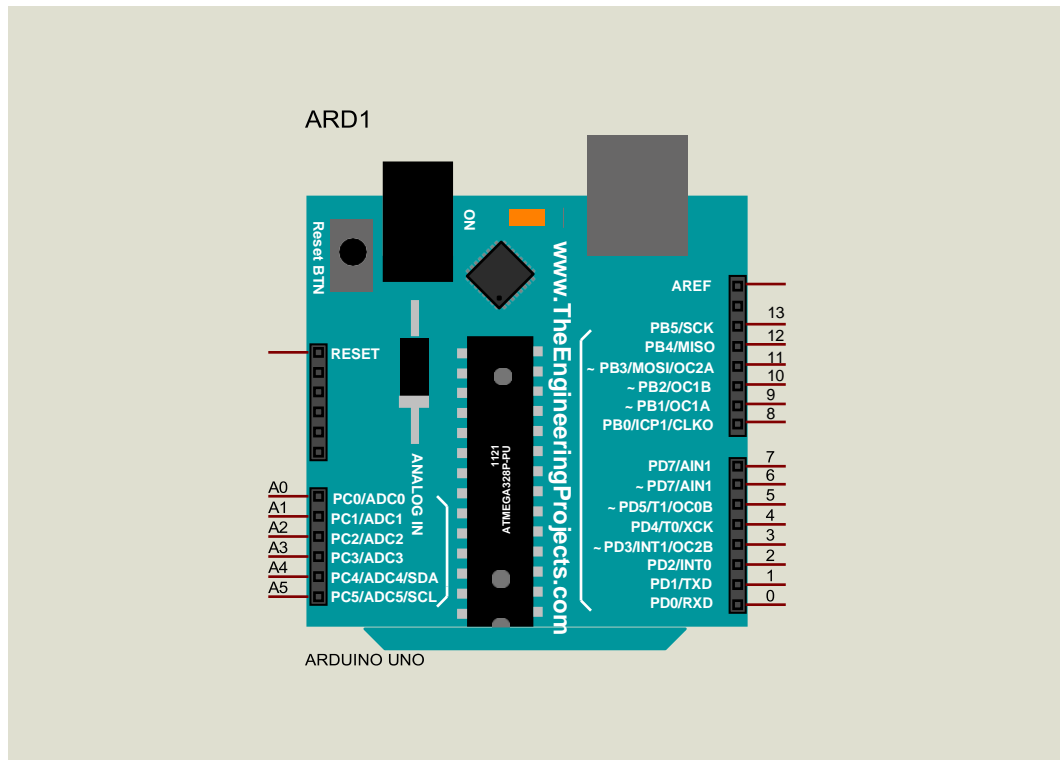
Setelah diunggah pada board arduino kemudian dijalankan dan diukur, maka hasil pengukuran tiap pin adalah sebagai berikut:



Tabel 4.4 hasil pengukuran pin arduino Uno

Pin Vout(V)	
0	3,93
1	4,17
2	4,98
3	5,00
4	0,00
5	0,01
6	0,00
7	0,01
8	5,00
9	4,99
10	5,01
11	5,00
12	0,02
13	0,01

Hasil perbandingan dinyatakan cocok sehingga dapat disimpulkan bahwa Arduino telah bekerja sesuai program yang dibuat.



Gambar 4.? Mikrokontroler Arduino Uno

Berfungsi sebagai pengendali proses yang bekerja membaca sensor dan komponen input lainnya kemudian mengolahnya dengan proses kalibrasi dan mengirimkan hasil proses ke komputer untuk disimulasikan sebagai sistem smartgrid.

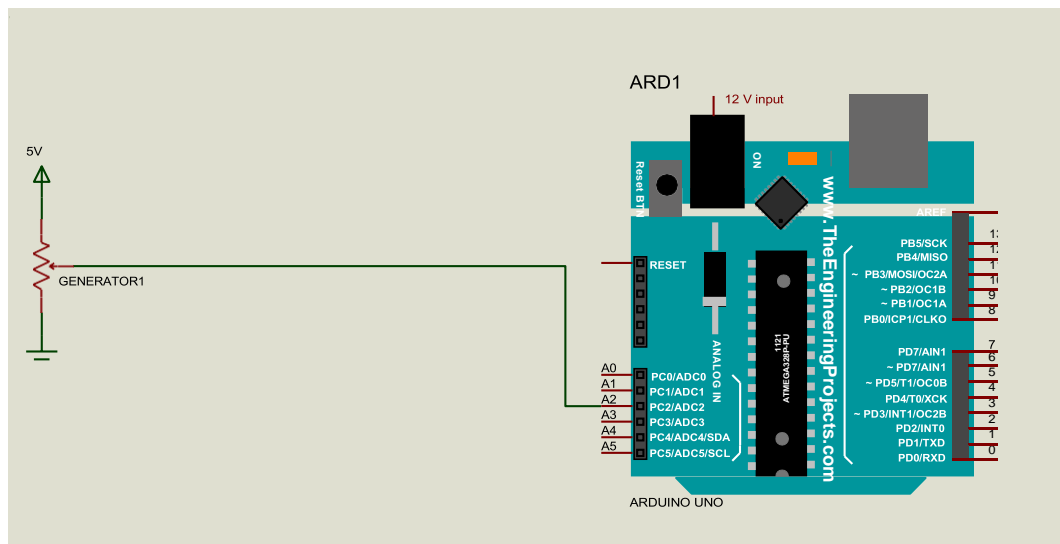
- **Pengujian potensiometer**

Potensiometer merupakan komponen resistor variabel yaitu resistor yang nilainya bisa berubah-ubah sesuai posisi yang diatur. Fungsi potensiometer dalam hal ini adalah untuk memberikan nilai yang berubah-ubah dari pembangkit sehingga dapat disimulasikan variasi daya yang dihasilkan oleh sebuah pembangkit berbahan bakar gas. Pengujian potensiometer adalah dengan mengukur output potensiometer dengan voltmeter digital. Input potensiometer adalah tegangan DC 5V sedangkan outputnya variatif tergantung putaran poros potensiometer. Berikut adalah tabel hasil pengukuran yang dilakukan.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran pada potensiometer.

Tegangan input (V)	Kondisi poros	Tegangan output(V)
5,0	Minimum	0,01
5,0	$\frac{1}{4}$ putaran	1,26
5,01	$\frac{1}{2}$ putaran	2,54
5,0	$\frac{3}{4}$ putaran	3,74
5,01	Maksimal	5,01

Tabel diatas membuktikan bahwa potensiometer memberikan nilai output tegangan yang bergantung pada putaran porosnya. Jika putaran minimal tegangannya 0 dan maksimal tegangannya 5V.



Gambar 4.? Hubungan potensiometer pada mikrokontroler Arduino

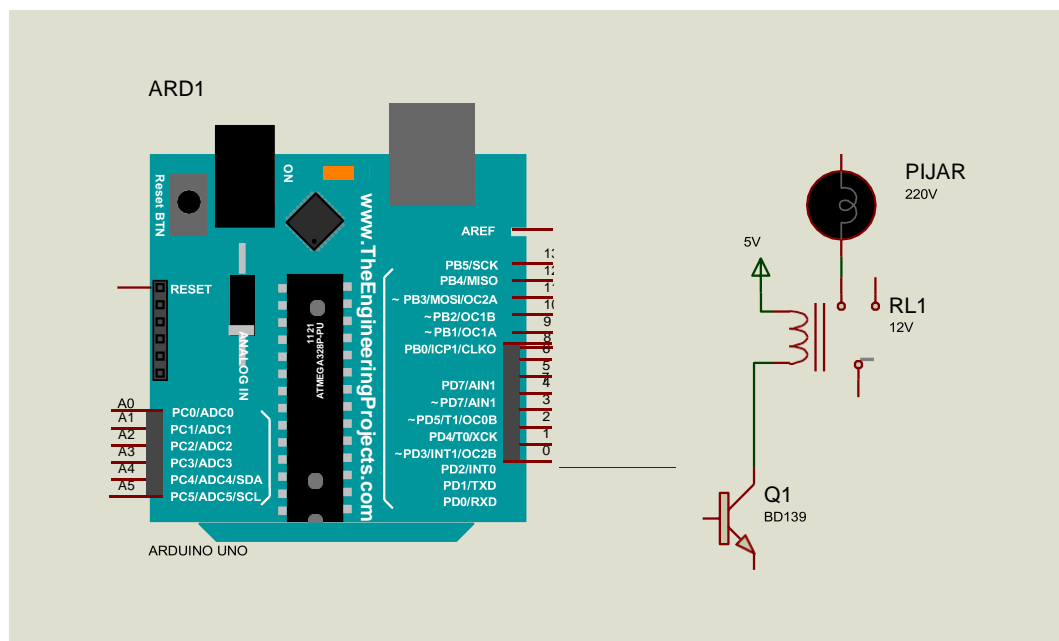
Potensiometer adalah komponen resistor variabel yang berfungsi membagi tegangan. Pada aplikasi ini potensiometer digunakan untuk mensimulasikan output sebuah generator yaitu besaran daya dalam megawatt yang dikeluarkan oleh sebuah generator diesel. Potensiometer dapat diatur dengan memutar tuas potensiometer kekanan atau kekiri. Output tegangan potensiometer dimulasikan sebagai daya yang dikeluarkan oleh sebuah generator diesel.

- **Pengujian driver / penguat**

Driver adalah rangkaian yang berfungsi menguatkan arus, pada rancangan ini driver dibuat dengan komponen transistor dan relay. Transistor menguatkan arus dari mikrokontroler untuk mengaktifkan relay, sedangkan relay untuk mengalirkan arus dan tegangan yang lebih besar ke beban. Rancangan ini menggunakan beban 220V dengan arus beberapa ratus miliampere hingga beberapa ampere. Dengan demikian dibutuhkan relay sebagai saklar untuk mengontrol arus tersebut. Untuk menguji rangkaian driver tersebut dibutuhkan sumber tegangan, dan alat ukur voltmeter. Prosedur pengujian adalah rangkai rangkaian penguat arus yaitu transistor dan relay. Kemudian berikan masukan pada input dan mengamati relay yang telah terhubung dengan beban. Berikut adalah tabel hasil pengujian yang dilakukan pada rangkaian driver.

Tabel 4.6 Hasil pengujian rangkaian driver

Logika input	V basis	Keadaan relay	Beban lampu
0	0,01	Off	Mati
1	0,78	On	Hidup

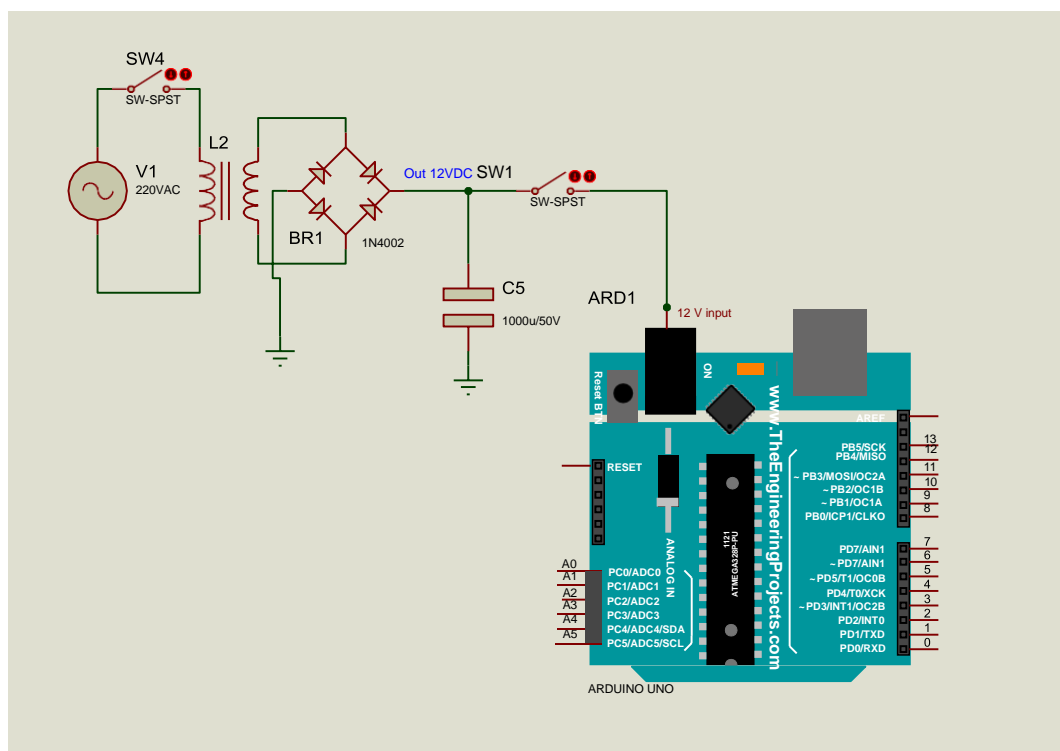


Gambar 4.? Rangkaian driver atau penguat

Rangkaian penguat adalah rangkaian yang berfungsi menguatkan arus agar dapat menghidupkan beban dalam hal ini relay. Penguat terdiri dari transistor dan relay. Relay fungsinya adalah sebagai pemutus dan penghubung arus ke beban atau sebagai saklar elektronik.

- **Rangkaian catu daya**

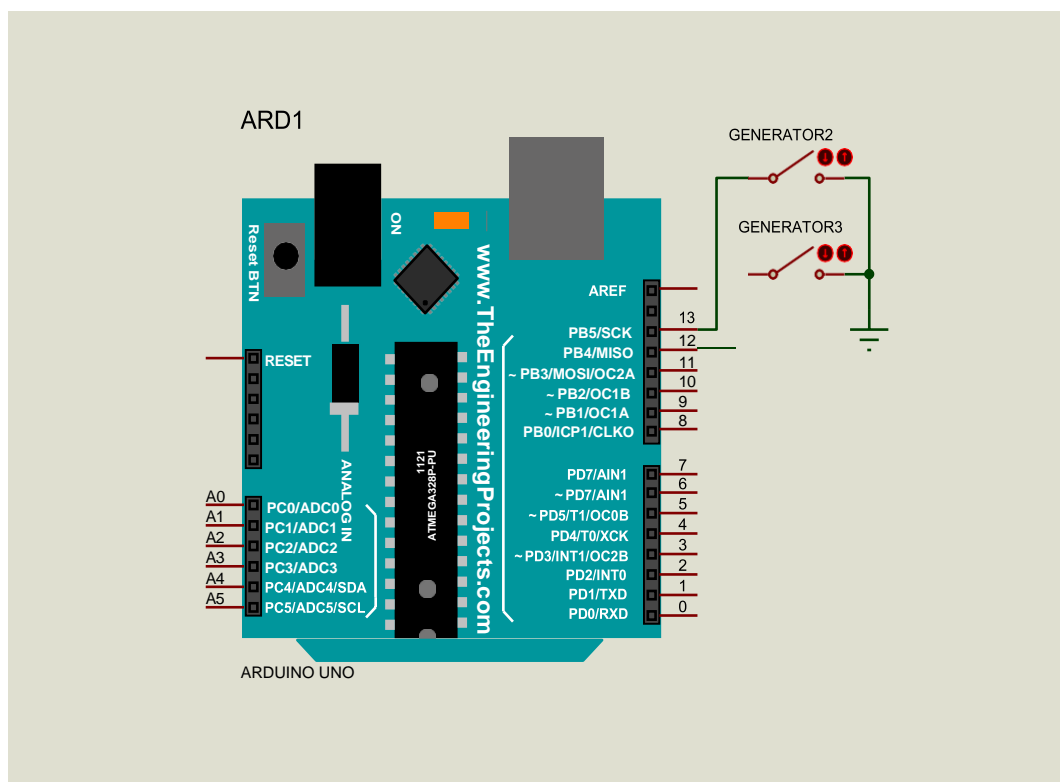
Catu daya adalah rangkaian yang memberikan suplai arus untuk rangkaian. Tanpa catu daya rangkaian tidak dapat bekerja karena tidak ada energi listrik yang diberikan pada rangkaian tersebut. Rangkaian catu daya dibuat dengan beberapa komponen yaitu trafo stepdown, penyearah dioda, kapasitor dan regulator seperti terlihat pada gambar.



Gambar 4.? Rangkaian Catu daya

- **Rangkaian saklar**

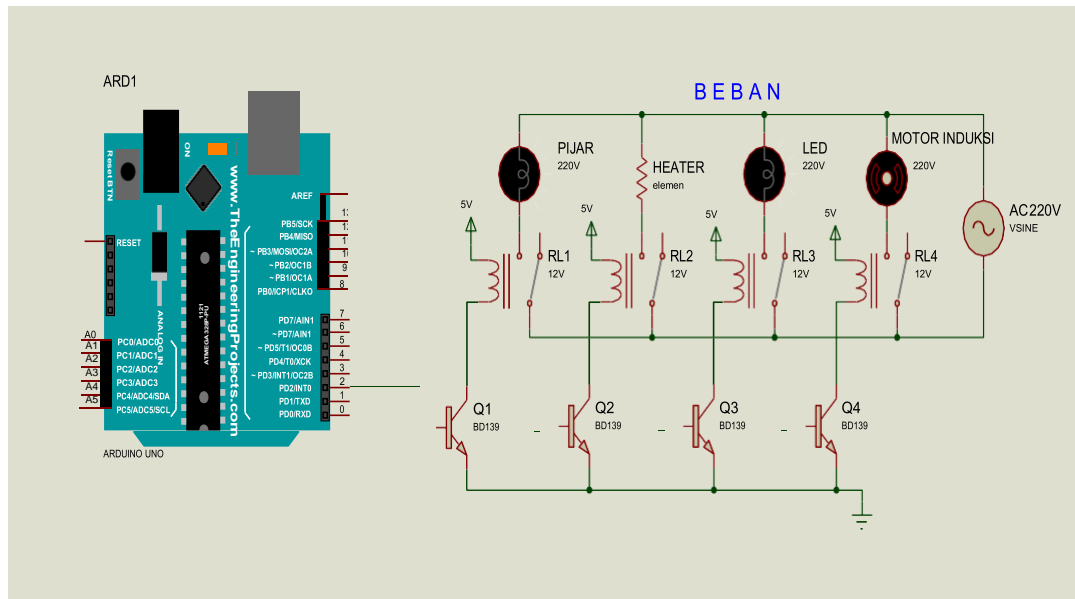
Rangkaian saklar digunakan untuk mensimulasikan generator atau pembangkit yang telah memiliki kapasitas daya yang tetap atau konstan. Jika saklar di on kan maka ada daya yang disuplai oleh salah satu generator. Rangkaian simulator ini menggunakan 2 saklar untuk mensimulasikan 2 pembangkit atau generator yang outputnya adalah tetap misalnya 2 megawatt dan 3 megawatt. Jika salah satu saklar on maka ada penambahan megawatt pada sistem. Smart grid.



Gambar 4.? :Gambar Hubungan Saklar sebagai generator pada. Mikrokontroler

- **Rangkaian Beban Pada Mikrokontroler**

Rangkaian beban adalah sejumlah beban yang memiliki kapasitas dan jenis yang berbeda. Rangkaian ini digunakan untuk mensimulasikan efek pembebanan pada sistem smartgrid. Untuk itu digunakan beban yang berbeda Yaitu beban induktif, kapasitif dan resistif agar simulasi lebih nyata ke sistem yang dibuat.



Gambar 4.? Rangkaian beban dan driver pada mikrokontroler Arduino

#### 4.2.2 Pengujian perangkat lunak (program)

Program Arduino dibuat dengan bahasa C dengan menggunakan Arduino IDE versi 1.8.9. Untuk menguji unjuk kerja program maka program yang telah dibuat harus diunggah pada rangkaian Arduino dan dijalankan pada rangkaian pengendali. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada kode program untuk pengendalian beban secara random.

```

void loop()
{
  if(n==10){
    digitalWrite(Motor_induksi,HIGH);digitalWrite(Lampu_pijar,LOW);digitalWrite(Heater,LOW);digitalWrite(Lampu_LED,LOW);}
  if(n==60){
    digitalWrite(Motor_induksi,HIGH);digitalWrite(Lampu_pijar,LOW);digitalWrite(Heater,HIGH);digitalWrite(Lampu_LED,LOW);}
  if(n==120){
    digitalWrite(Motor_induksi,LOW);digitalWrite(Lampu_pijar,HIGH);digitalWrite(Heater,HIGH);digitalWrite(Lampu_LED,LOW);}
  if(n==180){

```

```

digitalWrite(Motor_induksi,LOW);digitalWrite(Lampu_pijar,HIGH);digitalWrite(Heater, LOW);digitalWrite(Lampu_LED,LOW);}
if(n==240){
digitalWrite(Motor_induksi,LOW);digitalWrite(Lampu_pijar,LOW);digitalWrite(Heater, LOW);digitalWrite(Lampu_LED,HIGH);}
if (n==300){n=0;}
delay(1000);
n++;
}

```

Kode program diatas merupakan, Proses menghidupkan beban sesuai timer atau jadwal pembebanan. Nilai n adalah counter yang menghitung waktu. N=10 artinya timer telah mencapai 10 detik. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil pengujian program

Timer N detik	Lampu pijar	Motor induksi	Heater	Lampu LED
10	Mati	Hidup	Mati	Mati
60	Mati	Hidup	Hidup	Mati
120	Hidup	Mati	Hidup	Mati
180	Hidup	Mati	Mati	Mati
240	Mati	Mati	Mati	Hidup

Setelah dijalankan program akan mulai bekerja dengan hitungan waktu. Pada saat timer mencapai 10 detik beban motor induksi akan dihidupkan sedangkan beban lainnya masih dalam keadaan mati. Pada detik 60, motor induksi tetap hidup dan ditambah beban heater sehingga 2 beban hidup dan 2 beban masih dalam keadaan mati. Detik ke 120, lampu pijar akan hidup dan heater tetap dalam keadaan hidup sedangkan motor dan lampu LED tetap mati. Detik ke 180, hanya lampu pijar yang tetap hidup sedangkan beban lainnya mati dan terakhir pada detik ke 240, beban yang hidup hanya lampu LED sedangkan ketiga beban lainnya tetap mati. Dari hasil pengujian seperti di tabel 4.7 maka dapat disimpulkan program telah bekerja dengan baik.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian dan perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Sebuah sistem photovoltaic emulator dapat dirancang dengan komponen elektronika dan perangkat lunak atau program pada komputer. Dimana komponen elektronika digunakan untuk mensimulasikan beban secara real namun pada ukuran miniatur. Sedangkan perangkat lunak digunakan sebagai suatu emulator sistem smartgrid yang menampilkan nilai pembebanan maupun nilai pembangkit pada monitor komputer.
2. Konektifitas antara hardware (rangkaiian kontrol) dengan komputer PC dirancang dengan menggunakan interface serial melalui port serial. Data dari rangkaian yaitu arus, tegangan dan daya dikirim ke PC melalui komunikasi serial. Data diterima oleh PC dan dibaca oleh program kemudian ditampilkan berupa sistem smartgrid pada monitor.
3. Perangkat lunak atau software emulator dirancang dengan bahasa pemrograman basic dengan menggunakan software Visual Basic yang telah terinstal pada komputer. Program dibuat untuk menampilkan data berupa user interface pada monitor. Program mendapat masukan dari perangkat keras yaitu rangkaian pengendali beban berupa data tegangan, arus dan daya, kemudian data tersebut diolah oleh program dan ditampilkan pada monitor.

#### **5.2 Saran**

1. Mengembangkan perangkat lunak dengan menambahkan grafik pembebanan agar dapat dipantau perubahan beban secara realtime.
2. Menyempurnakan sistem misalnya pada rangkaian dengan penambahan beban, sensor dan sebagainya agar lebih nyata seperti beban sebenarnya pada sebuah sistem smartgrid.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A., & Hidyatama, O. (2013). Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328P. *Jurnal Teknologi Elektro*, 4(3), 100–112. <https://doi.org/10.22441/jte.v4i3.753>
- Basri, I. Y., & Irfan, D. (2018). Komponen Elektronika. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Farnell. (2013). Arduino Uno Datasheet. *Datasheets*, 1–4. <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- Handoko, Suharto, H., & Kristiadjie, H. (2015). Alat Ukur Karakteristik Kurva Bipolar Junction Transistor Berbasis Personal Computer. *Tesla*, 17(1), 52–68.
- Ii, B. a B., & Pustaka, T. (n.d.). *LDR digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Saklar cahaya otomatis dan alarm pencuri adalah beberapa contoh alat yang 6*. 6–32.
- M.S Mukhlis, Yamato, A. R. M. (2015). *Sistem Mikrokontroler ATmega328P Sebagai Pengontrol Suhu dan Level Air. Lcd*, 1–10.
- Mallal, Y., El Bahir, L., & Hassboun, T. (2019). High-Performance Emulator for Fixed Photovoltaic Panels. *International Journal of Photoenergy*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3951841>
- Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, A. (2014). 濟無No Title No Title No Title. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 4–30.
- Rizal Fachri. (2016). Sensor tegangan. *09 2016*, 9. <http://electricityofdream.blogspot.co.id/2016/09/tutorial-mengukur-tegangan-dengan-modul.html>
- Surjono, H. D. (2007). Elektronika: Teori dan Penerapan. *Electronics, Elektronika*, 27.
- Susilo, E., Wijaya, F. D., & Hartanto, R. (2018). Perancangan dan Evaluasi User

Interface Aplikasi Smart Grid Berbasis Mobile Application. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 7(2).

<https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i2.416>

Taif, M., Hi. Abbas, M. Y., & Jamil, M. (2019). Penggunaan Sensor Acs712 Dan Sensor Tegangan Untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Dan Modul Gsm/Gprs Shield. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(1). <https://doi.org/10.33387/protk.v6i1.1009>

Tik, P. (n.d.). *Hardware Beserta*.

Wicaksono, H. (n.d.). *Sasaran*.

Zulfikri, Sari, M. I., & Susanti, F. (2017). Implementation of Current Sensor and RTC (Real Time Clock) at Home Lighting Control System Using Iot (Internet of Things). *Applied Science*, 3(3), 1762.