



**PERANCANGAN SISTEM ISI ULANG BATERAI OTOMATIS
BERDASARKAN SKALA PRIORITAS BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA 8535 PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**

**Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH

**NAMA : IRAWANTO
NPM : 1414210042
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2020**

PERANCANGAN SISTEM ISI ULANG BATERAI OTOMATIS BERDASARKAN SKALA PRIORITAS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535 PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Irawanto*

Rahmaniar, S.T, M.T **

Rizky Syahputra, S.T, M.T**

ABSTRAK

Perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas merupakan sebuah alat yang memanfaatkan teknologi *solar cell* sebagai sumber energi dan diproses dengan menggunakan mikrokontroler yang digunakan untuk mengisi baterai dengan metode *smart switching*. Prinsip kerja alat ini yaitu mengatur proses penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya. Media penyimpanannya berupa baterai yang akan diisi secara bergantian sesuai urutannya. Baterai pertama akan diisi sampai penuh terlebih dahulu baru kemudian beralih ke baterai selanjutnya. Metode ini digunakan supaya memaksimalkan kapasitas media penyimpanan sehingga tidak akan mengganggu suplai keluarannya. Selain itu sistem ini memiliki kemampuan akan menonaktifkan proses penggunaan baterai (*discharging*) pada saat proses pengisian (*charging*) sedang berlangsung. Hal ini disebabkan karena pengisian baterai akan lebih cepat jika pada saat bersamaan baterai sedang tidak digunakan dan juga dapat memperpanjang umur pakai dari baterai tersebut. Hasil dari ini dapat membuat *charger* baterai otomatis pada saat mencapai batas minimum mampu bekerja dengan baik dan output alat berupa tegangan 5 V DC dan 12 V DC, yang akan dimonitoring oleh LCD pada setiap tegangan pada baterai.

Kata kunci: Baterai, *solar cell*, *charging*.

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

**DESIGN OF AN AUTOMATIC BATTERY RECHARGE SYSTEM
BASED ON THE PRIORITY SCALE BASED ON THE ATMEGA
8535 ON THE ATMEGA 8535 MICROCONTROLLER ON A
SOLAR POWER PLANTS**

*Irawanto**

*Rahmaniar, S.T, M.T ***

*Rizky Syahputra, S.T, M.T***

ABSTRACT

The design of an automatic battery recharge system based on priority scale is a device that utilizes solar cell technology as an energy source and is processed using a microcontroller that is used to charge batteries with the smart switching method. The working principle of this tool is to regulate the process of storing electrical energy produced by solar power plants. Storage media in the form of batteries that will be charged alternately in order. The first battery will be fully charged first and then move on to the next battery. This method is used to maximize the capacity of the storage media so that it will not interfere with the output supply. In addition this system has the ability to disable the process of battery usage (discharging) when the charging process (charging) is in progress. This is because charging the battery will be faster if at the same time the battery is not used and can also extend the life of the battery. The results of this can be an automatic battery charger when it reaches the minimum limit is able to work well and the tool output in the form of a voltage of 5 V DC and 12 V DC, which will be monitored by the LCD at each voltage on the battery.

Keywords: *Battery, solar cell, charging.*

** Electrical Engineering Study Program student*

*** Lecturer in Electrical Engineering Study Program*

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| ABSTRAK | |
| ABSTRACT | |
| PERNYATAAN ORISINILITAS | |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH | |
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penulisan..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penulisan..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| | |
| BAB 2. LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Sejarah Sel Surya | 6 |
| 2.1.1 Perkembangan Sel Surya..... | 8 |
| 2.1.2 Cara Kerja Sel Surya | 11 |
| 2.1.3 Struktur Sel Surya | 14 |
| 2.2 Baterai..... | 17 |
| 2.2.1 Sejarah Baterai | 17 |
| 2.2.2 Pengertian Baterai | 18 |
| 2.2.3 Jenis-Jenis Baterai | 19 |
| 2.2.4 Material Katoda..... | 21 |
| 2.2.5 Material Anoda..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 2.2.6 Elektrolit..... | 24 |
| 2.2.7 Separator..... | 24 |
| 2.2.8 Komponen Tambahan Penyusun Katoda Baterai..... | 25 |
| 2.3 Mikrokontroler..... | 27 |
| 2.3.1 Mikrokontroler ATmega8535 | 28 |
| 2.3.2 Konfigurasi Pin ATmega8535 | 29 |
| 2.3.3 Fitur Mikrokontroler ATmega8535 | 31 |
| 2.3.4 Arsitektur ATmega8583 | 32 |
| 2.3.5 Peta Memori | 33 |
| 2.4 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)..... | 34 |
| 2.4.1 Karakter LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)..... | 37 |
| 2.4.2 Deskripsi Pin LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)..... | 38 |
| 2.5 Modul <i>Stepdown</i> LM2596 | 40 |
| 2.6 Sensor Tegangan ZMPT101b | 41 |
| 2.7 Relay | 46 |
| 2.7.1 Prinsip Kerja Relay | 47 |

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 3.1 Perancangan Blok Diagram Kerja Alat..... | 49 |
| 3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian..... | 52 |
| 3.3 Perancangan Perangkat Keras..... | 53 |
| 3.3.1 Perancangan Input Tegangan | 54 |
| 3.3.2 Perancangan Pengisian Otomatis | 55 |
| 3.3.3 Perancangan Monitoring LCD | 56 |
| 3.3.4 Perancangan Minimum Sistem ATmega 8535 | 57 |
| 3.3.5 Perancangan <i>Output</i> Rangkaian | 58 |
| 3.4 <i>Flowchart</i> Rangkaian Alat..... | 59 |

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Rancangan Alat..... | 61 |
| 4.1.1 Pengujian LCD..... | 61 |
| 4.1.2 Pengujian Tegangan Input ke Rangkaain..... | 62 |
| 4.1.3 Pengujian Relay..... | 63 |
| 4.1.4 Pengujian Sensor Tegangan Ke Rangkaian | 64 |
| 4.1.5 Pengujian <i>Solar Cell</i> | 65 |
| 4.1.6 Pengujian Keseluruhan..... | 68 |
| 4.2 Cara Memanfaatkan Alat..... | 72 |

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 75 |
| 5.2 Saran | 76 |

| | |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | 77 |
|----------------------|----|

LAMPIRAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik alternatif muncul seiring dengan kemajuan teknologi masa kini. Dikarenakan pembangkit listrik alternatif dianggap ramah lingkungan dan merupakan sumber daya terbarukan karena memanfaatkan alam sebagai sumber energinya. (Andriawan and Slamet, 2017) Salah satunya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau lebih dikenal dengan sebutan *Solar Cell* yang merupakan salah satu jenis pembangkit energi listrik yang menggunakan panel *photovoltaic* sebagai pembangkitnya. Listrik yang dihasilkan dari *solar cell* biasanya memiliki daya yang kecil, maka dalam penggunaannya digunakan beberapa *solar cell* yang dirangkai seri untuk menghasilkan daya yang diinginkan. (Andriawan and Slamet, 2017) PLTS menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik. Energi yang dihasilkan oleh PLTS akan langsung disimpan ke baterai-baterai. Kaedah ini dianggap mempunyai kekurangan kerana tidak dapat memaksimumkan kapasiti penyimpanan bateri sehingga kurang optimum dalam menyimpan tenaga elektrik.

Melihat permasalahan di atas, maka penulis membuat tugas akhir mengenai “Perancangan Sistem Isi Ulang Baterai Otomatis Berdasarkan Skala Prioritas Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. (Irawanto,2020) Perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas ini merupakan sebuah alat yang memanfaatkan teknologi *solar cell* sebagai sumber energi dan diproses dengan menggunakan mikrokontroler yang digunakan

untuk mengisi baterai dengan metode *smart switching*. Peralihan pintar itu sendiri adalah sistem otomatis yang berfungsi untuk memaksimalkan kapasitas menyimpan tenaga elektrik dalam baterai. Sistem akan menyimpan tenaga dalam baterai sehingga mencapai kapasitas maksimum, setelah mencapai nilai maksimum sistem akan beralih ke baterai berikutnya. (Michael Aditya Putra Pradana, 2015)

Sistem ini memiliki kelebihanannya itu mampu mengatur proses pengisian dan pengosongan energi pada baterai. Pada saat proses pengisian baterai sedang berlangsung, baterai secara otomatis tidak dapat digunakan dikarenakan hal ini dapat memperpendek umur dari baterai tersebut. (Michael Aditya Putra Pradana, 2015)

Smart switching dikontrol oleh sebuah mikrokontroler dan relay elektromekanik, mikrokontroler disini berfungsi sebagai otak dari alat tersebut dengan menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya dan relay berfungsi sebagai aktuator atau keluaran, kombinasi dari mikrokontroler dan relay inilah yang kemudian dinamakan *smart switching*. Walau bagaimanapun, alat ini masih dapat dikembangkan lebih jauh ke tahap berikutnya, dengan menambahkan fitur pemantauan. Dengan adanya ciri tambahan ini diharapkan sistem ini dapat dipantau melalui LCD sehingga pengumpulan data dapat dipermudah. Pada dasarnya, pengembangan peranti pengecasan baterai otomatis berdasarkan skala keutamaan ini dibuat untuk memudahkan pengguna sekiranya anda ingin mengembangkan peranti dengan bantuan data bacaan voltan dari alat ini yang secara real time berdasarkan data yang ada, sehingga dapat diketahui juga prestasi dan keadaan peranti tersebut masih sesuai digunakan atau tidak dapat dan dapat membantu dalam penyelenggaraan atau pembaikan. (Michael Aditya Putra Pradana, 2015)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang judul skripsi dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas dari alat tersebut?
2. Bagaimana memanfaatkan alat sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas dari alat tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas , maka yang menjadi batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Output alat berupa tegangan 5 Volt DC dan 12 Volt DC, yang akan dimonitoring oleh LCD pada setiap tegangan pada baterai.
2. Pada saat pengecasan baterai otomatis tidak dapat digunakan untuk beban.
3. Tidak membahas masalah program.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas, tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk memahami rancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas dari alat tersebut.

2. Untuk memahami manfaat alat sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas dari alat tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pengembangan energi *alternative* yang ramah lingkungan yang menghasilkan perangkat *charging battery* dengan sistem otomatis.
2. Alat ini dapat bermanfaat untuk membantu masyarakat khususnya didaerah terpencil/pedesaan dan nelayan yang jarang mempunyai energi listrik.
3. Mempermudah peneliti untuk mengembangkan alat pengisian baterai otomatis berdasarkan skala prioritas dan sebagai bahan referensi mahasiswa dalam mempelajari pembangkit listrik menggunakan sel surya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini memaparkan latar belakang penulis dalam Perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas berbasis mikrokontroler atmega 8535 pada pembangkit listrik tenaga surya, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan teori-teori pendukung materi tugas akhir yang diambil dari berbagai sumber ilmiah, kutipan-kutipan buku atau *e-book*, dan kutipan-kutipan jurnal yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memaparkan *flowchart*, blok diagram, metode apa yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini memaparkan hasil yang sudah di dapatkan dari pelaksanaan dan pengamatan tugas akhir dan membahas hasil dari pengerjaan alat tersebut.

BAB 5 : PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan yang telah di dapat dari tugas akhir yang telah di amati dan berisi saran untuk lebih baik lagi kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar pustaka ini berisi referensi-referensi dari buku, jurnal, dan *e-book* yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Pada lampiran ini berisi data tambahan dan pelengkap yang tidak dapat dilampirkan di bab isi.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sejarah Sel Surya

Sejarah pengembangan teknologi sel surya atau yang juga disebut *Photovoltaic* (PV) dimulai ketika seorang fisikawan di Perancis, Antoine-César Becquerel, melakukan serangkaian penelitiannya pada tahun 1839. Becquerel menemukan bahwa tegangan listrik terjadi saat cahaya jatuh pada elektroda yang digunakannya pada penelitian tersebut. Inilah pengamatan yang pertama kali dalam sejarah terhadap efek dari *Photovoltaic*. Istilah foto atau foto berasal dari perkataan Yunani "phos" bermaksud cahaya dan kata "voltaic" adalah pengembangan istilah Volt yang diambil dari nama Alessandro Volta, pelopor dalam pengembangan tenaga elektrik. Fotovoltaik bermaksud cahaya elektrik. Fotovoltaik lebih kerap disingkat sebagai PV. (Yuliarto, 2017)

Menurut Encyclopedia Britannica, orang yang pertama kali membuat sel surya adalah Charles Fritts pada tahun 1883. Saintis AS menggunakan Selenium sebagai semikonduktor yang sangat nipis dan dilapisi dengan emas. Tetapi cahaya matahari yang diubah menjadi elektrik menggunakan sel suria ia menghasilkan kecekapan hanya 1%. Boleh dikatakan bahawa sel surya masih jauh dari berkesan. Pada tahun 1905 Albert Einstein menerbitkan makalah yang menerangkan fenomena kesan foto elektrik.

Ilmuwan lain yang punya andil penting dalam pengembangan *Photovoltaic* adalah Russel Ohl. Sarjana yang bekerja pada AT & T Bell Labs ini juga menjadi

ilmuwan yang mempelopori penelitian di bidang semikonduktor. Pada tahun 1941 Ohl menggunakan silikon di sel suria yang dihasilkannya. Panel solar Ohl telah diberikan nomor paten US2402662 dan nama Russel Ohl dikaitkan dengan pengembangan sel suria modern. Langkah yang lebih besar dalam pengembangan bidang fotovoltaik berlaku pada tahun 1954 ketika tiga orang penyelidik (Gerald Pearson, Calvin Fuller dan Daryl Chapin) dari Bell Laboratory secara tidak sengaja mendapati bahwa silikon dengan kekotoran tertentu menjadi sangat sensitif terhadap cahaya.

Mereka bertiga pun menjadi orang yang pertama membuat perangkat praktis yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel solar mereka dapat mengubah cahaya matahari menjadi elektrik dengan tahap kecekapan 6%. Bateri sel solar pertama kali dibuat pada 25 April 1954. Satelit buatan manusia pertama yang menggunakan peranti sel suria adalah Vanguard 1, yang dilancarkan pada bulan Mac 1958. Satelit ini menggunakan bateri sel solar yang dibuat oleh syarikat Hoffman Electronic. (Andriawan & Slamet, 2017)

Selanjutnya pada tanggal 4 Oktober 1955, Bell telah berjaya menggunakan bateri sel solarnya untuk mengendalikan sistem pengendali telefon di Georgia. Dengan menggabungkan Galium dan Arsenic untuk menjadi bahan semikonduktor yang lebih maju, Zhores Ivanovich Alferov, seorang saintis Rusia yang juga ahli politik dan anggota parlimen di negaranya, telah berjaya menjadikan panel solar lebih berkesan. Penemuan ini kemudian dikembangkan oleh saintis AS untuk membuat panel solar yang mempunyai kecekapan 17% dalam menghasilkan tenaga elektrik. Angka efisiensi itu terus meningkat karena lebih banyak lagi kalangan ilmuwan dan

industri yang berperan aktif dalam pengembangan bidang *Photovoltaic* ini. (Yulianto, 2017)

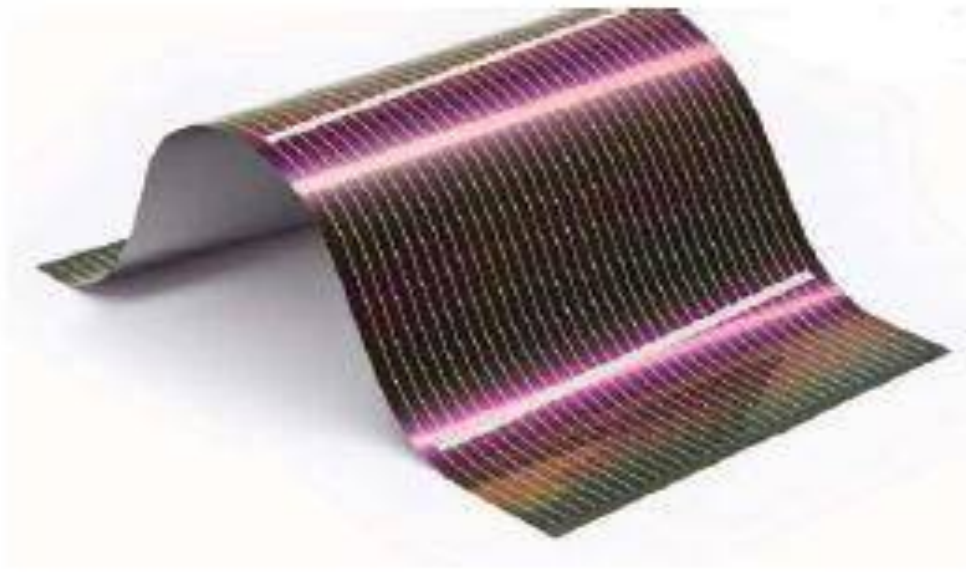
2.1.1 Perkembangan Sel Surya

Peneliti sedang mengembangkan sel surya yang memiliki efisiensi tinggi, murah, dan mudah dalam pembuatannya. Pada generasi pertama, teknologi pertama yang berjaya dikembangkan oleh para penyelidik adalah teknologi yang menggunakan bahan silikon kristal tunggal. Teknologi ini mampu menghasilkan sel suria dengan kecekapan yang sangat tinggi. Masalah terbesar yang dihadapi dalam pengembangan silikon kristal tunggal ini menjadi sel suria yang dihasilkan secara komersial adalah bahawa harganya sangat mahal sehingga panel sel suria yang dihasilkan menjadi tidak efisien sebagai sumber tenaga alternatif. (Yulianto, 2017)

Teknologi yang kedua adalah dengan menggunakan silikon poli kristal. Pada masa ini, hampir semua panel sel suria di pasaran komersial berasal dari percetakan skrin silikon poli kristal jenis ini. Wafer silikon poli kristal dibuat dengan teknologi pemutus dalam bentuk balok silikon dan dipotong dengan kaedah menggergaji kawat menjadi wafer, dengan ketebalan sekitar 250-350 mikrometer. Teknologi ini dapat diperolehi oleh sel suria dengan lebih murah walaupun tahap kecekapannya lebih rendah jika dibandingkan dengan silikon kristal tunggal.

Pada Generasi kedua, sel solar dibuat dengan teknologi filem nipis. Teknologi pembuatan sel solar lapisan nipis ini bertujuan untuk mengurangkan kos pembuatan sel solar memandangkan teknologi ini hanya menggunakan kurang daripada 1% bahan mentah silikon jika dibandingkan dengan bahan mentah untuk jenis wafer

silikon. Kaedah yang paling biasa digunakan dalam pembuatan silikon filem nipis jenis ini adalah pemendapan wap kimia (PECVD) gas dan hidrogen silan yang ditingkatkan Plasma. Lapisan yang dibuat dengan metode ini menghasilkan silikon yang tidak memiliki arah orientasi kristal atau yang dikenal sebagai *amorphous silikon* (non kristal). (Yulianto, 2017)



Gambar 2.1 Thin Film Solar Cell
Sumber: Yulianto, 2017

Selain menggunakan material dari silikon, sel surya lapisan tipis juga dibuat dari bahan semikonduktor lainnya yang memiliki efisiensi solar sel tinggi seperti *Cadmium Telluride (Cd Te)* dan *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)*. Kecekapan tertinggi yang dapat dihasilkan oleh sel solar filem nipis jenis ini adalah 19.5% dari sel solar CIGS. Kelebihan lain menggunakan jenis filem nipis ialah semikonduktor sebagai lapisan sel suria dapat disimpan pada substrat fleksibel untuk

menghasilkan peranti sel suria yang fleksibel. Masalahnya ialah bahan ini tidak diterima dengan baik kerana mengandungi unsur kadmium yang mudah terbakar.

Penelitian agar harga sel suria menjadi lebih murah selanjutnya memunculkan teknologi generasi ketiga yaitu teknologi pembuatan sel suria dari bahan polimer atau disebut juga dengan sel suria organik dan sel suria foto elektrokimia. Sel Surya organic dibuat dari bahan semikonduktor organik seperti polyphenylene vinylene dan fullerene. (Yuliarto, 2017)



Gambar 2.2 Dye Sensitized Solar Cell

Sumber: Yuliarto, 2017

Pada sel suria generasi ketiga ini photon yang datang tidak harus menghasilkan pasangan muatan seperti halnya pada teknologi sebelumnya melainkan membangkitkan *exciton*. *Exciton* inilah yang meresap pada dua permukaan bahan

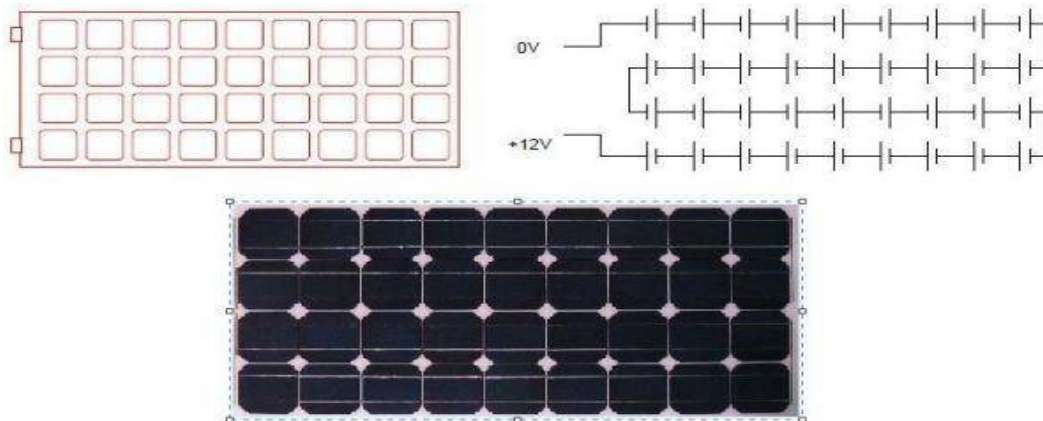
konduktor (yang biasanya dilekatkan bersama-sama dengan semikonduktor organik antara dua kepingan konduktor) untuk menghasilkan pasangan cas dan akhirnya menghasilkan kesan fotocurrent. Sementara sel suria fotokimia adalah sejenis sel suria exciton yang terdiri daripada lapisan nanopartikel (biasanya titanium dioksida) yang disimpan dalam pewarna (pewarna). Teknologi ini pertama kali diperkenalkan oleh Profesor Graetzel pada tahun 1991 sehingga sel solar jenis ini sering juga disebut sel Graetzel atau sel solar yang peka pewarna (DSSC).

Graetzel sel ini dilengkapi dengan pasangan redok yang diletakkan dalam sebuah elektrolit (bisa berupa padat atau cairan). Komposisi sel suria seperti ini membolehkan bahan mentah untuk menjadikan sel Graetzel menjadi lebih fleksibel dan dapat dibuat dengan kaedah yang sangat mudah seperti pencetakan skrin. Walaupun sel solar generasi ketiga ini masih mempunyai masalah besar dari segi kecekapan dan usia aktif sel yang masih terlalu pendek, sel solar jenis ini akan dapat memberi impak besar dalam sepuluh tahun akan datang memandangkan harga dan proses pembuatan yang akan sangat murah. (Yulianto, 2017)

2.1.2 Cara Kerja Sel Surya

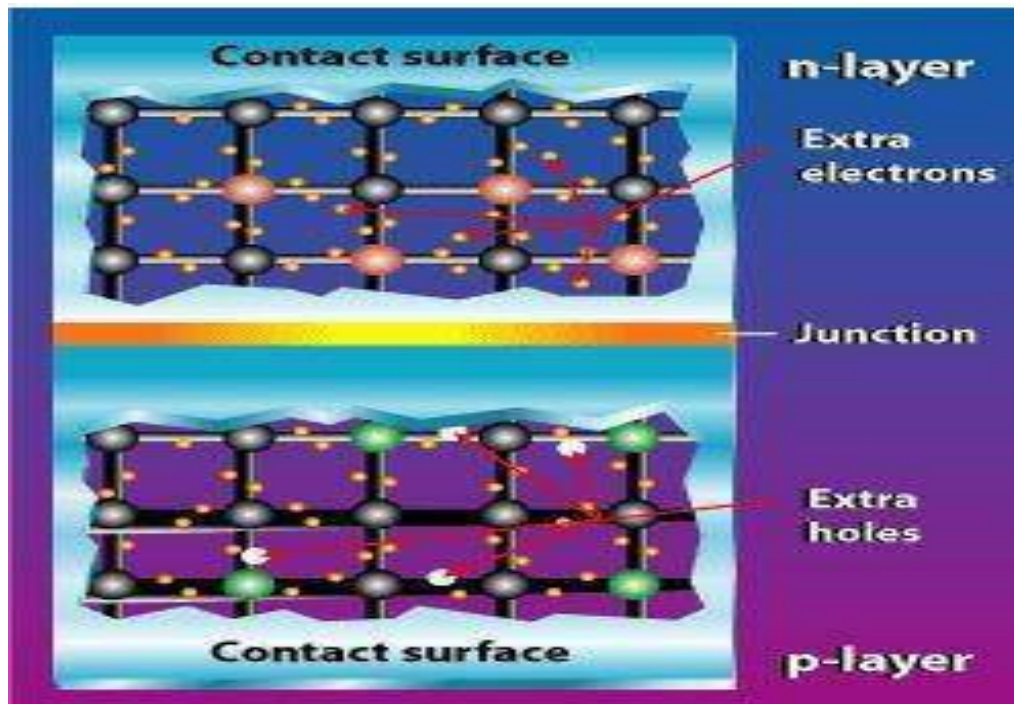
Sel suria boleh serupa dengan peranti dengan dua terminal atau sambungan, di mana keadaan gelap atau tidak cukup fungsi cahaya seperti dioda, dan apabila diterangi cahaya matahari dapat menghasilkan voltan. Apabila disinari, biasanya sel suria komersial menghasilkan voltan dc 0,5 hingga 1 volt, dan arus litar pintas pada skala miliampere per cm². Voltan dan arus ini tidak mencukupi untuk pelbagai aplikasi, jadi umumnya sejumlah sel suria disusun secara bersiri untuk membentuk

modul suria. Satu modul suria biasanya terdiri daripada 28-36 sel suria, dan jumlahnya menghasilkan voltan dc 12 V dalam keadaan penyinaran standard. Modul suria dapat digabungkan secara selari atau secara bersiri untuk meningkatkan jumlah voltan dan arus keluaran mengikut daya yang diperlukan untuk aplikasi tertentu. Gambar di bawah menunjukkan ilustrasi modul suria. (Yuliarto, 2017)



Gambar 2.3 Modul Surya
Sumber: Jenny Nelson, 2003

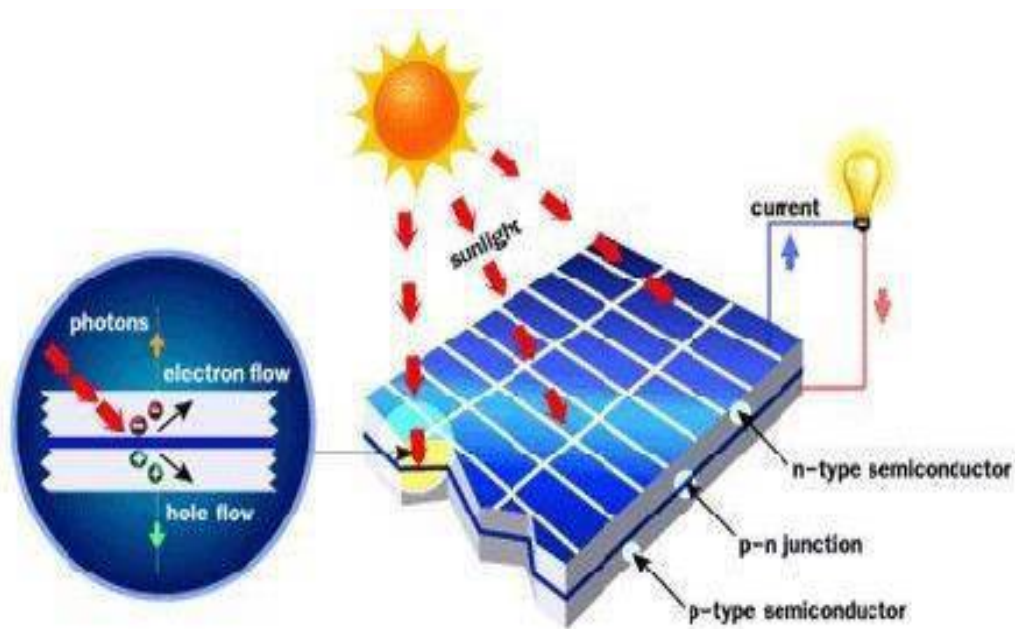
Sel suria konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor terdiri daripada ikatan atom di mana terdapat elektron sebagai penyusun asas. Semikonduktor jenis-N mempunyai elektron berlebihan (cas negatif) sementara semikonduktor jenis-p mempunyai lubang yang berlebihan (cas positif) pada struktur atomnya. Lebihan keadaan elektron dan lubang boleh berlaku dengan doping dengan atom dopan. Sebagai contoh untuk mendapatkan bahan silikon jenis p, silikon didop oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan bahan silikon jenis-n, silikon didop oleh atom fosfor. Ilustrasi di bawah menggambarkan persimpangan semikonduktor jenis-p dan jenis-n.



Gambar 2.4 Junction Antara Semikonduktor Tipe-P (Kelebihan Hole) dan Tipe-N (Kelebihan Elektron)

Sumber: Jenny Nelson, 2003

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Apabila semikonduktor jenis-p dan jenis-n bersentuhan, elektron yang berlebihan akan bergerak dari semikonduktor jenis-n ke jenis-p sehingga mereka membentuk kutub positif pada semikonduktor jenis-n, dan sebaliknya kutub negatif dalam semikonduktor jenis-p. (Yulianto, 2017) Akibat aliran elektron dan lubang, medan elektrik terbentuk yang ketika sinar matahari menyentuh susunan persimpangan p-n, ia akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor ke kontak negatif, yang kemudian digunakan sebagai elektrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.

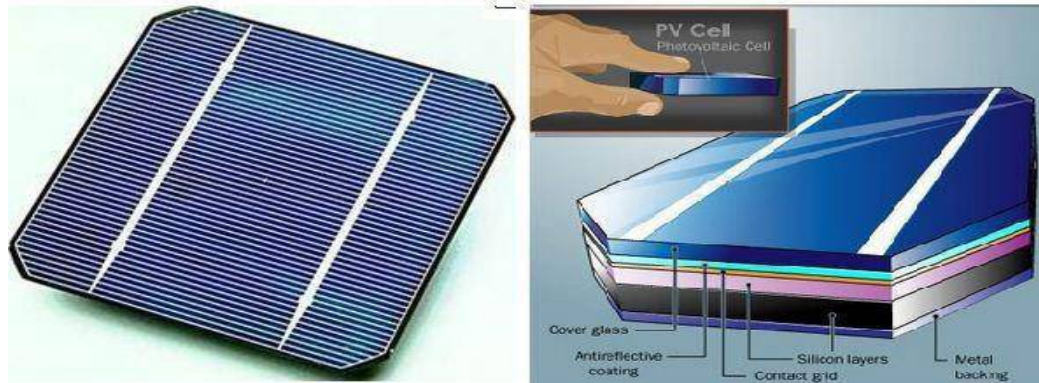


Gambar 2.5 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya Dengan Prinsip P-N Junction

Sumber: Jenny Nelson, 2003

2.1.3 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Terdapat apa yang disebut sel suria generasi pertama, kedua, ketiga dan keempat, dengan struktur atau bahagian yang berbeza yang membentuk sel (Jenis teknologi solar akan dibincangkan dalam kata-kata "Sel Suria"). Dalam makalah ini kita akan membincangkan struktur dan cara kerja sel suria yang biasa terjadi di pasaran sekarang ini, iaitu sel suria berdasarkan bahan silikon yang umumnya juga merangkumi struktur dan cara kerja sel suria generasi pertama (sel solar silikon) dan kedua (*thin film*/lapisan tipis). (Solly Aryza et al., 2017)



Gambar 2.6 Struktur Dari Sel Surya Komersial yang Menggunakan Material Silicon Sebagai Semikonduktor

Sumber: Solly et al., 2017

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya.

Secara umum terdiri dari :

a. Substrat/*Metal backing*

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Bahan substrat juga mesti mempunyai kekonduksian elektrik yang baik kerana ia juga berfungsi sebagai hubungan terminal positif untuk sel suria, jadi bahan logam atau logam seperti aluminium atau molibdenum umumnya digunakan. Untuk sel solar peka pewarna (DSSC) dan sel solar organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuk cahaya sehingga bahan yang digunakan adalah bahan konduktif tetapi telus seperti indium timah oksida (ITO) dan tepung timah oksida tepung (FTO).

b. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel

surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Bahan semikonduktor adalah fungsi untuk menyerap cahaya dari matahari. Untuk kes gambar di atas, semikonduktor yang digunakan adalah bahan silikon, yang biasanya digunakan dalam industri elektronik. Adapun sel surya filem nipis, bahan semikonduktor yang biasa digunakan dan tersedia secara komersial seperti Cu (In, Ga) (S, Se) 2 (CIGS), CdTe (kadmium Telluride), dan bahan silikon amorf, selain bahan semikonduktor potensi lain yang berada dalam penyelidikan intensif seperti Cu₂ZnSn (S, Se) 4 (CZTS) dan Cu₂O (tembaga oksida). Bahagian semikonduktor terdiri daripada persimpangan atau gabungan dua bahan semikonduktor, iaitu semikonduktor jenis-p (bahan-bahan yang disebutkan di atas) dan jenis-n (silikon jenis-n, CdS, dll.) Yang membentuk persimpangan p-n. Persimpangan P-n adalah kunci prinsip sel suria. Memahami jenis p-n, semikonduktor jenis-n, dan juga prinsip persimpangan p-n dan sel suria akan dibincangkan dalam bahagian “cara kerja sel surya”.

c. Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

d. Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis

material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

2.2 Baterai

2.2.1 Sejarah Baterai

Pada awal abad ke-19 Alessandro Volta menciptakan baterai pertama yang dikenal dengan Tumpukan Volta (*Voltaic Pile*). Baterai ini terdiri dari tumpukan cakram seng dan tembaga berselang seling dengan kain basah yang telah dicelupkan air garam sebagai pembatasnya. Baterai ini telah mampu menghasilkan arus yang kontinue dan stabil.

Tabel 2.1 Sejarah Perkembangan Baterai

| Tahun | Penemu | Penemuan |
|-------|--------------------------------------|--|
| 1600 | Gilbert (<i>Inggris</i>) | Peletakkan dasar-dasar elektrokimia |
| 1789 | Galvani (<i>Italia</i>) | Penemuan listrik dari hewan |
| 1800 | Volta (<i>Italia</i>) | Penemuan sel voltaic |
| 1802 | Cruikshank (<i>Inggris</i>) | Baterai pertama dengan yang mampu di produksi massal |
| 1820 | Ampere (<i>Perancis</i>) | Listrik oleh magnet |
| 1833 | Faraday (<i>Inggris</i>) | Hukum Faraday |
| 1859 | Plante (<i>Inggris</i>) | Penemuan baterai timbal/asam |
| 1868 | Leclance (<i>Inggris</i>) | Penemuan sel Leclance |
| 1888 | Gasner (<i>Amerika Serikat</i>) | Penyempurnaan sel kering |
| 1899 | Jungner (<i>Swedia</i>) | Penemuan baterai Ni-Cd |

| | | |
|---------|------------------------------------|--|
| 1901 | Edison (Amerika Serikat) | Penemuan baterai Ni-Fe |
| 1932 | Shlecht & Ackerman (Jerman) | Penemuan pelat kutub yang dipadatkan |
| 1947 | Neuman (Perancis) | Berhasil mengemas baterai Ni-Cd |
| 1960-an | Union Carbide (Amerika Serikat) | Pengembangan baterai alkalin primer |
| 1970-an | Union Carbide (Amerika Serikat) | Pengembangan baterai timbal/asam dengan pengaturan kutub |
| 1990 | Union Carbide (Amerika Serikat) | Komersialisasi baterai Ni-MH |
| 1992 | Kordesch (Kanada) | Komersialisasi baterai alkalin yang dapat dipakai ulang |
| 1999 | Kordesch (Kanada) | Komersialisasi baterai Li-ion polimer |

Sumber : Buchman, 2001

2.2.2 Pengertian Baterai

Bateri ditakrifkan sebagai sel elektrokimia yang dapat mengubah tenaga kimia secara langsung menjadi tenaga elektrik. Memahami baterai secara umum merangkumi beberapa sel baterai yang digabungkan. Sel baterai adalah unit terkecil dari sistem proses elektrokimia yang terdiri daripada elektrod, elektrolit, pemisah, bekas dan terminal / pengumpul arus. (Subhan, 2011)

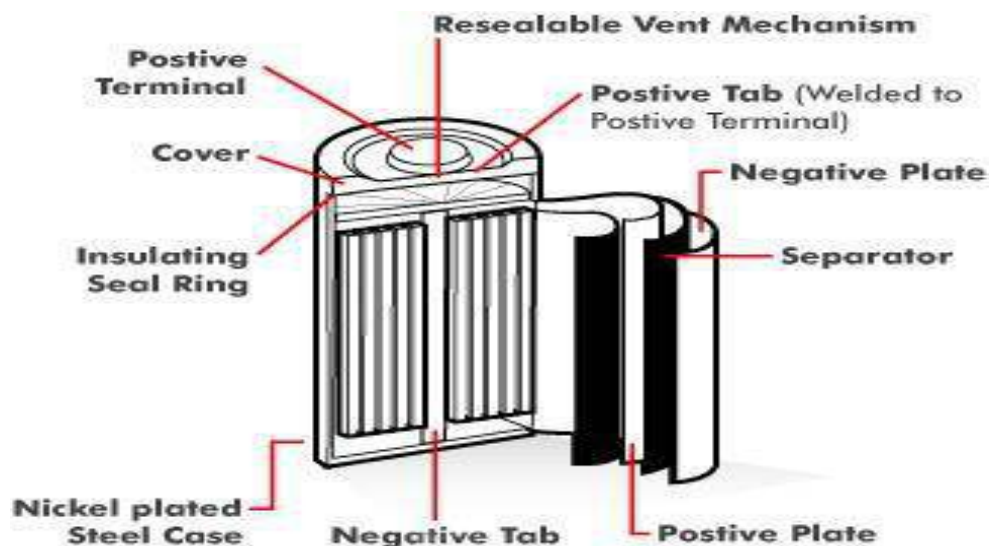
Prestasi baterai melibatkan pemindahan elektron melalui medium konduktif dari elektrod negatif (anod) ke elektrod positif (katod) sehingga dapat menghasilkan arus elektrik dan perbezaan potensi. Bahan dan luas permukaan elektrod dapat mempengaruhi jumlah perbezaan potensi yang dihasilkan. Setiap bahan elektrod mempunyai tahap potensi elektrod yang berbeza. Sekiranya luas permukaan elektrod diperbesar, lebih banyak elektron dapat dioksidasi berbanding elektrod dengan luas permukaan yang kecil (Kartawidjaja et al., 2008).

2.2.3 Jenis – Jenis Baterai

Mengacu pada sumber energi listrik yang terbentuk dari hasil proses elektrokimia, maka baterai/ sel dikelompokkan sebagai berikut (Triwibowo, 2011):

a. Baterai/ sel primer (baterai dengan penggunaan sekali saja)

Pada umumnya baterai primer murah. Mudah digunakan sebagai sumber listrik untuk peralatan portabel. Memiliki intensitas energi listrik yang besar dengan kecepatan *discharge* yang rendah dan tidak memerlukan perawatan.



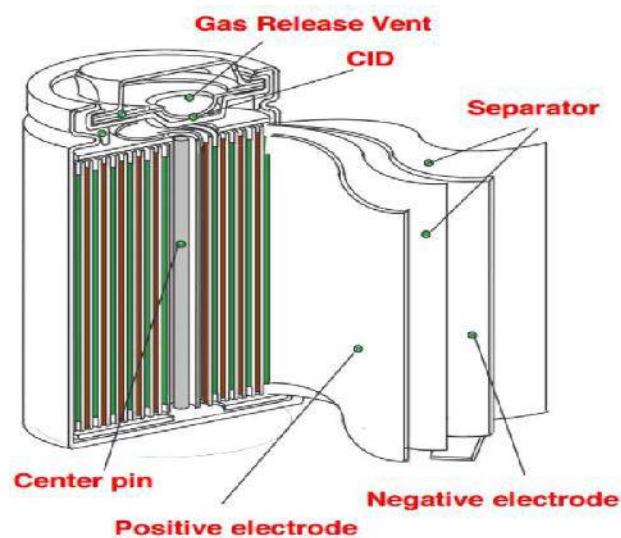
Gambar 2.7 Baterai Primer Berbentuk Slinder

Sumber : Triwibowo, 2011

b. Baterai/ sel sekunder (dapat diisi ulang/*rechargeable*)

Pengisian dilakukan dengan memasukkan arus listrik pada kutub yang berlawanan. Baterai jenis ini disebut juga sebagai baterai penyimpan/*storage battrey* atau *accumulator*. Baterai sekunder diaplikasikan dalam dua katagori, yaitu:

1. Sebagai alat penyimpan energi/ *Energy-storage Device*. Umumnya baterai jenis ini tersambung dengan jaringan listrik permanen dan jaringan listrik primer saat digunakan. Contoh penggunaannya adalah dalam otomotif, pesawat terbang, *Uninterruptible Power Source* (UPS) dan sebagai pendukung *load leveling* pada *Stationary Energy Storage Systems*.
2. Sebagai sumber energi listrik pada portabel divais, pengganti baterai primer dan pada semua divais yang menggunakan baterai primer, seperti telephone genggam, kamera, notebook dll.



Gambar 2.8 Baterai Sekunder dengan Elektrolit Cair

Sumber : Triwibowo, 2011

2.2.4 Material Katoda

Salah satu komponen penting dalam sistem sel baterai lithium adalah katoda. Katoda merupakan elektroda positif yang berfungsi sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif, dimana lembaran untuk material katoda adalah aluminium foil (Al foil). Dalam sistem baterai sekunder lithium, material katoda

memegang peranan penting dalam pencapaian kapasitas baterai. Material ini yang nantinya harus dapat melepaskan ion lithium bergerak menuju anoda dan berinteraksi didalam struktur anoda saat charging. Makin besar jumlah ion lithium yang dapat dipindahkan ke anoda, maka makin besar pula arus listrik yang dihasilkan saat discharging nantinya. (Triwibowo, 2011)

Tabel 2.2 Perbandingan Jenis Material yang Digunakan Untuk Katoda

| | LiCoO ₂ | LiNiO ₂ | LiMn ₂ O ₄ | LiFePO ₄ |
|--------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| Kapasitas Teori | 274 mAh/g | 275 mAh/g | 148 mAh/g | 170 mAh/g |
| Kapasitas tersedia | 145 mAh/g | 185 mAh/g | 120 mAh/g | 150 mAh/g |
| Tegangan | 3,7 V | 3,6 V | 3,8 V | 3,45 V |
| Keunggulan | Konduktivitas tinggi, mudah disintesis | Stabilitas tinggi dengan Elektrolit | Harga murah, tidak beracun | Harga murah, ramah lingkungan |
| Kelemahan | Mahal dan beracun | stabilitas termal yang tidak baik | kapasitas hilang pada suhu tinggi | Konduktivitas rendah (<10 ⁻⁹ S/cm) |

Sumber: Triwibowo, 2011

Karakteristik yang harus dipenuhi suatu material yang digunakan sebagai katoda antara lain (Ohzuku, 1995):

- a. Material tersebut terdiri dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi.
- b. Memiliki konduktivitas yang tinggi seperti logam.

- c. Memiliki kerapatan dan kapasitas energi yang tinggi.
- d. Memiliki kestabilan yang tinggi (tidak mudah berubah strukturnya atau terdegradasi baik saat pemakaian maupun pengisian ulang),
- e. Murah dan ramah lingkungan.

Untuk setiap berat molekul katod, jumlah ion litium yang dilepaskan oleh bahan katod semasa pembuangan mewakili ketumpatan tenaga dan kuasa sel bateri. Semakin banyak litium dari katod ke anod, ketumpatan tenaga yang lebih tinggi dari sel bateri dan semakin banyak litium kembali ke katod dari anod, semakin besar ketumpatan daya.

Bahan katod mestilah bukan hanya konduktif ionik, tetapi juga mestilah konduktif elektronik. Apabila proses pengisian ion litium dilepaskan dari katod ke anod melalui elektrolit, maka katod mestilah konduktif ionik. Pada masa yang sama elektron akan dilepaskan melalui litar luar ke anod, ini bermaksud katod juga mesti konduktif secara elektronik (Triwibowo, 2011).

Pada penelitian ini katoda yang digunakan adalah LiFePO_4 . *Lithium ferro phosphate* (LFP) merupakan material pembentuk katoda yang sering digunakan. LiFePO_4 memiliki struktur olivin, kelompok ruang ortorombik Pnma dan memiliki parameter kisi $a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. LiFePO_4 tidak beracun, berstruktur stabil sehingga aman untuk bahan katoda baterai lithium. LiFePO_4 memiliki kapasitas teoritik yang cukup tinggi yaitu 170 mAh/g, murah, tidak memiliki efek memori, dan ramah lingkungan.

Tabel 2.3 Karakteristik LiFePO_4

| Karakteristik LiFePO ₄ | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Spesifik energy | 90–110 Wh/kg (320–400 J/g) |
| Ketahanan waktu | >10 tahun |
| Daya tahan siklus | 2.000 cycles |
| Tegangan sel | 3.5 V |
| Spesifik Kapasitas | 170 mAh/g |

Sumber: Triwibowo, 2011

2.2.5 Material Anoda

Anod adalah elektrod negatif yang, semasa proses pelepasan, melepaskan elektron ke litar luaran (Subhan, 2014). Lembaran pada anod adalah tembaga (Cu Foil). Bahan yang dapat digunakan sebagai anod mesti mempunyai ciri-ciri seperti mempunyai kapasiti tenaga yang besar, mempunyai kemampuan yang baik untuk menyimpan dan melepaskan cas / ion, mempunyai kitaran penggunaan yang panjang, mudah diproses, aman digunakan (tidak mengandung racun).

2.2.6 Elektrolit

Elektrolit adalah bagian yang berfungsi sebagai penghantar ion lithium dari anoda ke katoda atau sebaliknya. Elektrolit merupakan bagian penting dalam sel elektrokimia baik dalam pengoperasiannya maupun dalam sistem kelengkapannya. Selain itu elektrolit harus dapat menghantarkan ion untuk menjalankan sel elektrokimia. (Prihandoko, 2008)

Elektrolit terbahagi kepada dua iaitu elektrolit pepejal dan elektrolit cecair. Elektrolit pepejal menunjukkan kestabilan pada suhu tinggi dan mempunyai ketahanan elektrik yang baik. Walau bagaimanapun, elektrolit pepejal mempunyai

beberapa kelemahan termasuk aliran arus rendah, kemampuannya menurun pada suhu rendah dan sangat mudah terkena arus pendek yang boleh menyebabkan kehilangan tenaga. Manakala elektrolit cair dapat menembusi celah atau liang bahan elektrod, baik anoda dan katod. Oleh kerana elektrolit adalah larutan, elektrolit sangat mudah untuk mencapai permukaan serbuk elektrod. Untuk penerapan elektrolit padat, syarat yang mesti dipenuhi adalah pertemuan permukaan serbuk elektrod dengan elektrolit. Oleh itu komponen elektrod dibuat dengan komposisi yang mengandungi garam elektrolit atau garam litium, sehingga tindak balas redoks boleh berlaku tepat di permukaan serbuk elektrod. (Prihandoko, 2008)

2.2.7 Separator

Separator adalah bahan berliang yang terletak di antara anod dan katod untuk mengelakkan hubungan pendek dan hubungan antara katod dan anod. Pemisah boleh dalam bentuk elektrolit gel, atau filem plastik mikropori (liang nano), atau bahan lengai berpori yang diisi dengan elektrolit cair. Sifat elektrik pemisah ini mampu dilalui oleh ion tetapi juga mampu menyekat elektron, jadi kedua-duanya adalah elektron konduktif dan bukan konduktif ionik. (Subhan, 2011)

Beberapa hal yang penting untuk memilih material agar dipilih sebagai separator antara lain material tersebut bersifat insulator, memiliki hambatan listrik yang kecil, kestabilan mekanik (tidak mudah rusak), tidak mudah terdegradasi dengan elektrolit serta memiliki ketebalan lapisan yang seragam atau sama diseluruh permukaan. Struktur pori dan penyerapan elektrolit berpengaruh terhadap konduktivitas ion. Separator dengan porositas yang tinggi dapat menyerap lebih banyak elektrolit liquid. Sehingga besarnya penyerapan elektrolit pembawa muatan

ion sangat dibutuhkan (H. Li, 2011). Beberapa material yang dapat digunakan sebagai separator antara lain *polyolefins* (PE dan PP), PVdF (*Polyvinylidene fluodire*), PTFE, PVC, dan *poly ethylene oxide*. (Subhan, 2011)

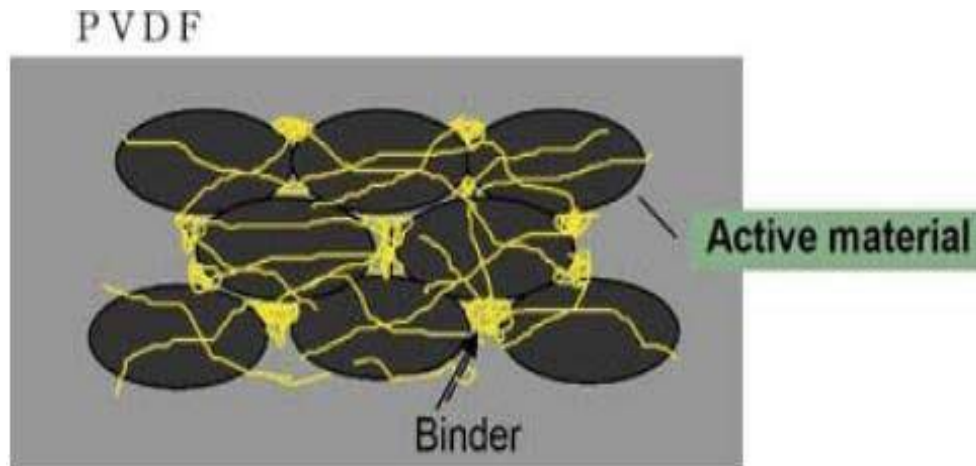
2.2.8 Komponen Tambahan Penyusun Katoda Baterai

a. Super P

Super P adalah campuran superplasticizing yang dapat mengurangi jumlah air yang dibutuhkan tanpa mempengaruhi konsistensi campuran. Super P berfungsi untuk meningkatkan daya tahan dan kekuatan, menghilangkan unit retak dan membuat permukaan halus pada campuran.

b. Polyvinylidene Fluoride (PVDF)

PVDF (*poly vinylidene fluoride*) merupakan binder (pengikat) antara elektroda dan material lain. Tanpa PVDF (*poly vinylidene fluoride*) material akan berantakan. Dalam keluarga fluoropolimer, PVDF (*poly vinylidene fluoride*) memiliki proses leleh yang lebih mudah karena titik lelehnya yang relatif rendah. Selain itu, ia juga memiliki densitas yang relatif rendah dibandingkan fluoropolimer lainnya. Wilayah amorf di PVDF (*poly vinylidene fluoride*) adalah matrik yang baik untuk molekul polar, dan ion lithium dapat melewati lapisan tipis PVDF.



Gambar 2.9 Ilustrasi PVDF dengan Material Aktif

Sumber: Yoshio, 2000

c. *N-N Dimethyl Acetamide (DMAC)*

N-N Dimethyl Acetamide (DMAC) adalah pelarut industri yang kuat dan serbaguna yang memiliki kelarutan terhadap bahan organik dan anorganik yang tinggi, titik didih tinggi, titik beku yang rendah, dan stabilitas yang baik. Selain itu *N-N Dimethyl Acetamide (DMAC)* tidak reaktif dalam reaksi kimia. *N-N Dimethyl Acetamide (DMAC)* larut dalam air, eter, ester, keton dan senyawa aromatik. *N-N Dimethyl Acetamide (DMAC)* umumnya larut dalam senyawa alifatik tidak jenuh dan kestabilannya bagus.

d. *Pencampuran (Mixing)*

Pencampuran (mixing) yaitu suatu proses pencampuran bahan sehingga dapat bergabung menjadi suatu homogen. Ada dua macam pencampuran yaitu pencampuran basah (*wet mixing*) dan pencampuran kering (*dry mixing*). *Pencampuran basah (wet mixing)* yaitu proses pencampuran dimana serbuk matrik dan filler dicampur terlebih dahulu dengan pelarut.

Sedangkan pencampuran kering (*dry mixing*) yaitu proses pencampuran yang dilakukan tanpa menggunakan pelarut. Faktor penentu kehomogenandistribusi partikel, antara lain kecepatan pencampuran, lamanya waktu pencampuran dan ukuran partikel.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah mikropemroses terobosan dan teknologi mikrokomputer yang merupakan teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak tetapi hanya memerlukan ruang yang sangat kecil. Selain itu, mikrokontroler adalah sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeza dengan PC (Komputer Peribadi) yang mempunyai pelbagai fungsi.

Tidak seperti sistem komputer yang mampu menangani berbagai program aplikasi, mikrokontroler hanya dapat digunakan untuk aplikasi tertentu, perbezaan lain terletak pada perbandingan RAM dan ROM. Pada sistem komputer, perbandingan RAM dan ROM besar, yang bermaksud bahawa program pengguna disimpan di ruang RAM yang agak besar, sementara rutin antara muka perkakasan disimpan di ruang ROM kecil, sedangkan pada mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAM besar. Ini bermaksud, program kawalan disimpan dalam ROM (ROM bertopeng bias atau Flash PEROM) yang ukurannya relatif lebih besar, sementara RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk register yang digunakan pada mikrokontroler yang dimaksud.

2.3.1 Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler merupakan keseluruhan sistem komputer yang dikemas menjadi sebuah *chip* di mana di dalamnya sudah terdapat Mikroprosesor, I/O, Memori bahkan ADC, berbeda dengan Mikroprosesor yang berfungsi sebagai pemroses data.

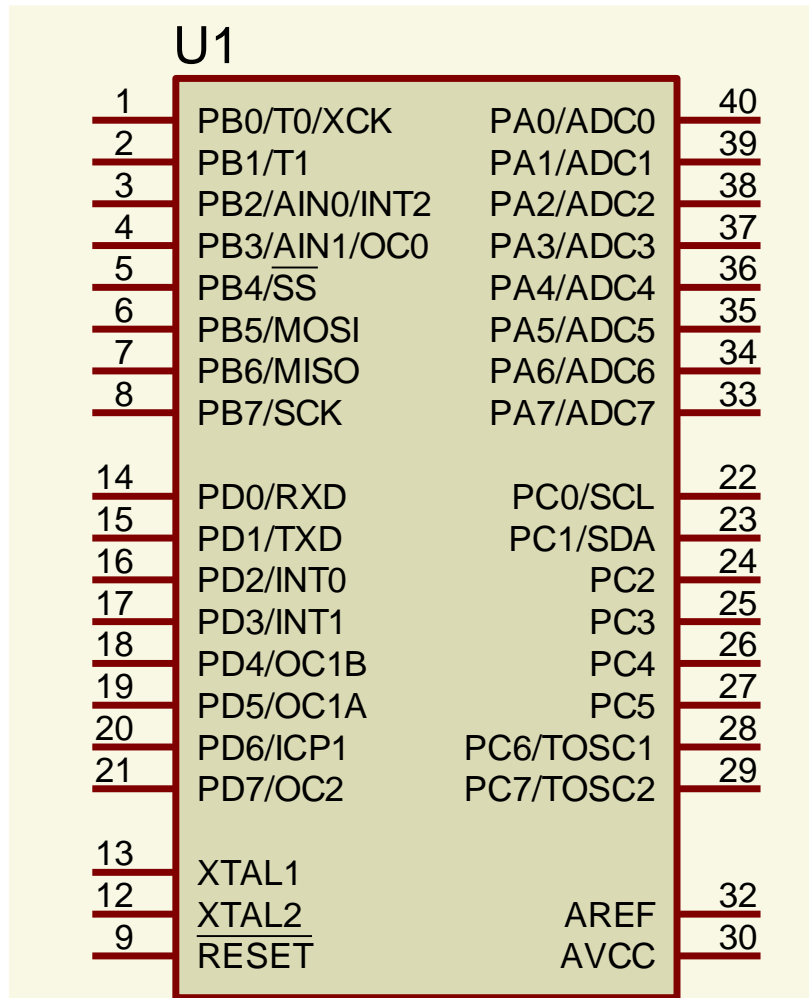
Mikrokontroler AVR (pemroses Alf dan Veg's Risc) mempunyai seni bina 8-bit, di mana semua arahan dikemas dalam kod 16-bit dan kebanyakan arahan dilaksanakan dalam 1 pusingan jam atau dikenali sebagai teknologi RISC (Pengurangan Set Pengajaran). Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, iaitu keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membezakan masing-masing adalah kapasiti memori, periferal dan fungsi. Dari segi seni bina dan arahan yang digunakan, ia boleh dikatakan hampir sama. Berikut adalah gambar Mikrokontroler Atmega8535. (Yahya, 2010)



Gambar 2.10 Mikrokontroler ATmega8535

Sumber : Yahya,2010

2.3.2 Konfigurasi Pin ATmega8535



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin ATmega8535

Sumber : Yahya, 2010

Secara umum konfigurasi dan fungsi pin ATmega8535 sebagai berikut .

- a. VCC Input sumber tegangan (+)
- b. GND Ground (-)
- c. Port A (PA7 ... PA0) Berfungsi sebagai input analog dari ADC (*Analog to Digital Converter*). Port ini juga berfungsi sebagai port I/O dua arah, jika ADC tidak digunakan.

- d. Port B (PB7 ... PB0) Berfungsi sebagai port I/O dua arah. Port PB5, PB6 dan PB7 juga berfungsi sebagai MOSI, MISO dan SCK yang dipergunakan pada proses *downloading*. Fungsi lain port ini selengkapnya bisa dibaca pada buku petunjuk "AVR ATmega8535".
- e. Port C (PC7 ... PC0) Berfungsi sebagai port I/O dua arah. Fungsi lain port ini selengkapnya bisa dibaca pada buku petunjuk "AVR ATmega8535".
- f. Port D (PD7 ... PD0) Berfungsi sebagai port I/O dua arah. Port PD0 dan PD1 juga berfungsi sebagai RXD dan TXD, yang dipergunakan untuk komunikasi serial. Fungsi lain port ini selengkapnya bisa dibaca pada buku petunjuk "AVR ATmega8535".
- g. RESET Input reset.
- h. XTAL1 Input ke amplifier *inverting* osilator dan input ke sirkuit *clock* internal.
- i. XTAL2 Output dari amplifier *inverting* osilator.
- j. AVCC Input tegangan untuk Port A dan ADC.
- k. AREF Tegangan referensi untuk ADC.

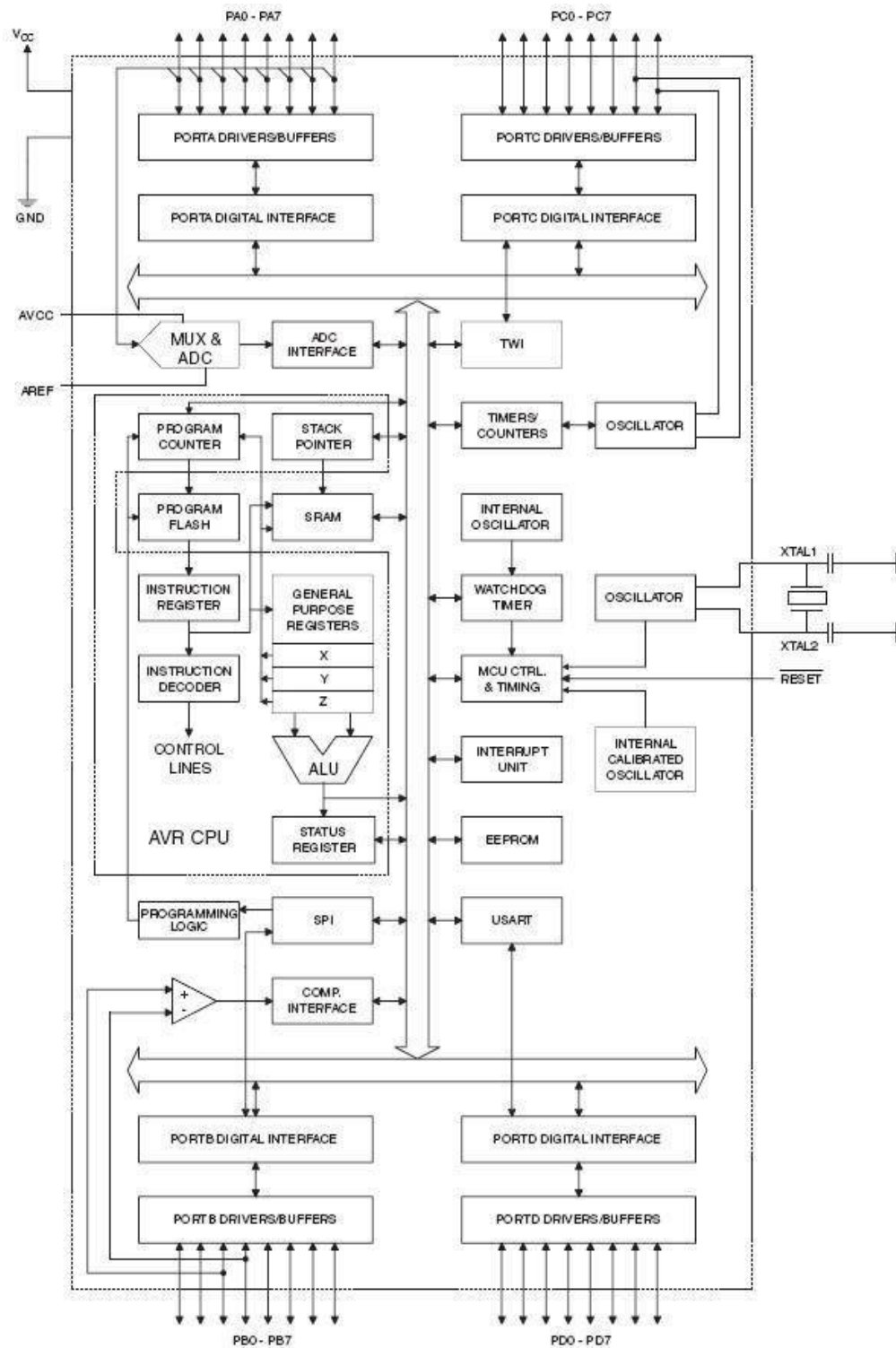
2.3.3 Fitur Mikrokontroler ATmega8535

Adapun kapabilitas detail dari ATmega8535 adalah sebagai berikut,

1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.

2. Kapabilitas memori *flash* 8 KB, *SRAM* sebesar 512 byte, dan *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memori*) sebesar 512 byte.
3. *ADC* internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.
4. Portal komunikasi serial (*USART*) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Enam pilihan mode *sleep* untuk menghemat penggunaan daya listrik.

2.3.4 Arsitektur ATmega8535



Gambar 2.12 Blok Diagram Fungsional ATmega8535

Sumber : [Sofian Yahya, 2010](#)

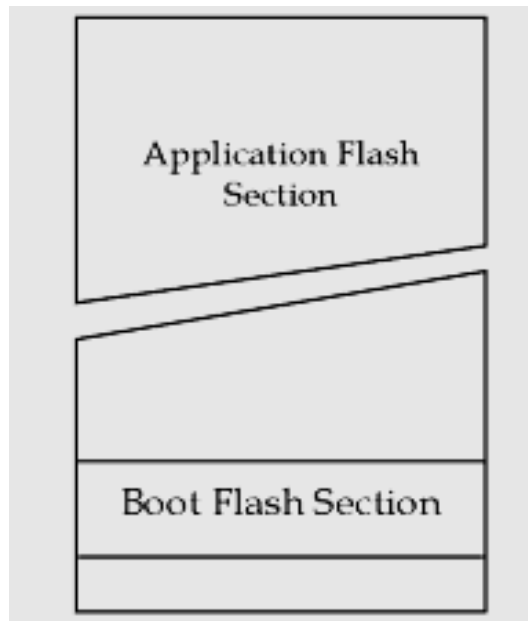
Dari gambar blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki bagian-bagian sebagai berikut (Yahya, 2010):

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A, Port B, Port C* dan *PortD*.
- b. ADC 8 *channel* 10 bit.
- c. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembanding.
- d. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
- e. *Watchdog timer* dengan osilator *internal*.
- f. SRAM sebesar 512 byte.
- g. Memori *Flash* sebesar 8 KB dengan kemampuan *Read While Write*.
- h. *Interrupt internal* dan *eksternal*
- i. *Port* antarmuka SPI (*Serial Peripheral Interface*).
- j. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
- k. Antarmuka komparator analog.
- l. *Port* USART untuk komunikasi serial.

2.3.5 Peta Memori

Arsitektur AVR terdiri atas dua memori utama, yaitu Data Memori dan Program Memori. Sebagai tambahan fitur dari ATmega8535, terdapat EEPROM 512 byte sebagai memori data dan dapat diprogram saat operasi. ATmega8535 terdiri atas 8k *byte On-chip In-System Reprogrammable Flash memory* untuk penyimpanan program. Karena seluruh instruksi Arsitektur AVR dalam bentuk 16 bit atau 32 bit, maka *Flash* dirancang dengan komposisi 4K x 16.

Untuk mendukung keamanan software atau program, *Flash Program Memori* dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian *Boot Program* dan bagian *Application Program*. Gambar dibawah mengilustrasikan susunan Memori Program Flash ATmega8535. (Bachtiar Effendi,2015)



Gambar 2.13 Peta Memori Program
Sumber : Bachtiar Effendi,2015

Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM Internal.

2.4 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Ada dua jenis utama layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dapat menampilkan numerik (digunakan dalam jam tangan, kalkulator dll) dan menampilkan teks alfanumerik (sering digunakan pada mesin foto kopi dan telepon genggam). (Hawys, 2017)

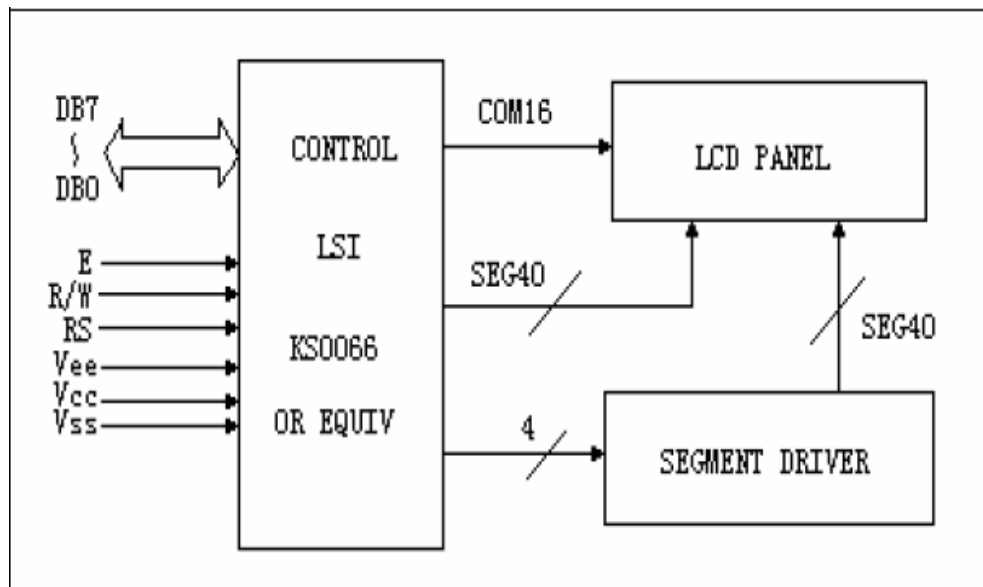
Dalam paparan angka ini, kristal dibentuk menjadi bar, dan dalam paparan alfanumerik, kristal hanya disusun menjadi corak titik. Setiap kristal mempunyai sambungan elektrik individu sehingga dapat dikawal secara bebas. Apabila kristal mati (iaitu tidak ada arus melalui kristal) cahaya kristal kelihatan sama dengan bahan latar, jadi kristal tidak dapat dilihat. Tetapi apabila arus elektrik melewati kristal, ia akan berubah bentuk dan menyerap lebih banyak cahaya. Ini menjadikan kristal tampak lebih gelap daripada mata manusia sehingga bentuk titik atau bar dapat dilihat dari latar belakang yang berbeza.

Sangat penting untuk menyadari perbezaan antara layar LCD (*Liquid Crystal Display*) dan layar LED (*Light Emitting Diode*). Sebuah LED (*Light Emitting Diode*) sering digunakan dalam radio jam, terdiri dari sejumlah LED (*Light Emitting Diode*) yang benar-benar mengeluarkan cahaya (dan dapat dilihat dalam gelap). Sebuah layar LCD (*Liquid Crystal Display*) hanya mencerminkan cahaya, sehingga tidak dapat dilihat dalam gelap. (Hawys, 2017)

LMB162A adalah modul LCD matriks (*Liquid Crystal Display*) dengan konfigurasi 16 aksara dan 2 baris dengan setiap watak dibentuk oleh 8 baris piksel dan lajur 5 piksel (1 baris terakhir adalah kursor). Memori LCD (*Liquid Crystal Display*) terdiri dari 9,920 bit CGROM, 64 byte CGRAM dan 80x8 bit DDRAM yang diatur oleh Kaunter Alamat dan akses ke data (membaca dan menulis data) dilakukan melalui daftar data.

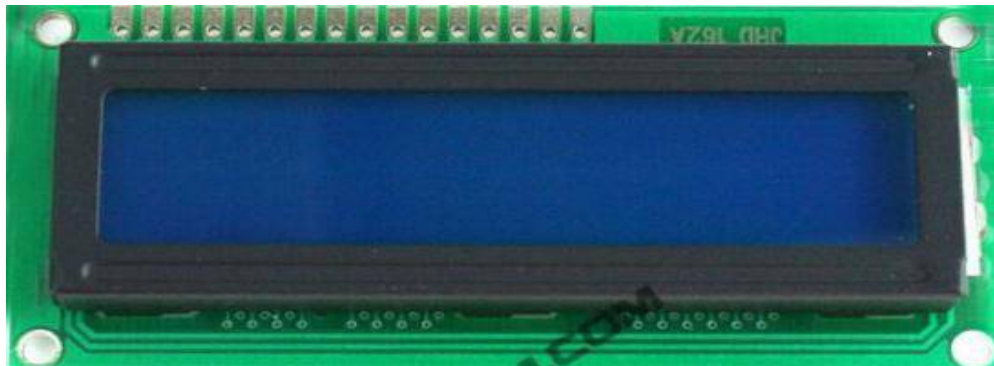
Pada LMB162A terdapat register data dan register perintah. Proses akses data ke atau dari register data akan mengakses ke CGRAM, DDRAM atau CGROM bergantung pada kondisi *Address Counter*, sedangkan proses akses data ke atau dari

Register perintah akan mengakses *Instruction Decoder* (dekoder instruksi) yang akan menentukan perintah-perintah yang akan dilakukan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*). (Hawys, 2017)



Gambar 2.14 Block Diagram LCD

Sumber: Hawys,2017



Gambar 2.15 LCD 16 x 2 Character

Sumber: Hawys,2017

Klasifikasi LED Display 16x2 Character :

- a. 16 karakter x 2 baris
- b. 5x7 titik Matrix karakter + kursor
- c. HD44780 Equivalent LCD (*Liquid Crystal Display*) *kontroller/driver Built-In*
- d. 4-bit atau 8-bit MPU *Interface*
- e. Tipe standar
- f. Bekerja hampir dengan semua Mikrokontroler.

2.4.1 Karakter LCD (*Liquid Crystal Display*)

Jadual watak LCD (*Liquid Crystal Display*) di bawah menunjukkan watak unik yang terdapat di skrin LCD (*Liquid Crystal Display*). Kod watak diperoleh dengan menambahkan nombor di atas lajur dengan nombor di sisi baris. Perhatikan bahawa watak 32-127 selalu sama untuk semua LCD (*Liquid Crystal Display*), tetapi watak 16-31 & 128-255 boleh berbeza dengan pengeluar LCD (*Liquid Crystal Display*) yang berbeza. Oleh itu, beberapa LCD (*Liquid Crystal Display*) akan memaparkan watak yang berbeza dari yang ditunjukkan dalam jadual. (Hawys, 2017)

Karakter 0 sampai 15 dijelaskan user-defined sebagai karakter dan harus didefinisikan sebelum digunakan, atau LCD (*Liquid Crystal Display*) akan berisi perubahan karakter secara acak. Untuk melihat secara rinci bagaimana menggunakan karakter ini dapat dilihat pada data Character LCD (*Liquid Crystal Display*). (Hawys, 2017)

Tabel 2.4 Data Character LCD (*Liquid Crystal Display*)

| High-Order Low-Order 4 bit 4 bit | 0000 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| xxxx0000 | CG RAM (1) | | 0 | @ | P | \ | p | | - | タ | ミ | α | ρ |
| xxxx0001 | (2) | ! | 1 | A | Q | a | q | 。 | ア | チ | ム | ā | q |
| xxxx0010 | (3) | " | 2 | B | R | b | r | 「 | イ | ツ | メ | β | θ |
| xxxx0011 | (4) | # | 3 | C | S | c | s | 」 | ウ | テ | モ | ε | ∞ |
| xxxx0100 | (5) | \$ | 4 | D | T | d | t | , | エ | ト | ヤ | μ | Ω |
| xxxx0101 | (6) | % | 5 | E | U | e | u | • | オ | ナ | ユ | σ | ū |
| xxxx0110 | (7) | & | 6 | F | V | f | v | ヲ | カ | ニ | ヨ | ρ | Σ |
| xxxx0111 | (8) | , | 7 | G | W | g | w | フ | キ | ヌ | ラ | | π |
| xxxx1000 | (1) | (| 8 | H | X | h | x | イ | ク | ネ | リ | √ | ¯ |
| xxxx1001 | (2) |) | 9 | I | Y | i | y | 。ケ | ノ | ル | | -1 | y |
| xxxx1010 | (3) | * | : | J | Z | j | z | エ | コ | ハ | レ | j | |
| xxxx1011 | (4) | + | : | K | [| k | { | * | サ | ヒ | ロ | x | |
| xxxx1100 | (5) | , | < | L | ¥ | l | | + | シ | フ | ワ | φ | |
| xxxx1101 | (6) | - | = | M |] | m | } | 。 | ス | へ | ン | £ | + |
| xxxx1110 | (7) | . | > | N | ^ | n | → | 。 | セ | ホ | * | ñ | |
| xxxx1111 | (8) | / | ? | O | _ | o | ← | ッ | ソ | マ | 。 | ö | ■ |

Sumber: Hawys,2017

2.4.2 Deskripsi Pin LCD (*Liquid Crystal Display*)

Untuk keperluan antar muka suatu komponen elektronika dengan mikrokontroler, perlu diketahui fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen tersebut. (Hawys, 2017)

- a. Kaki 1 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
- b. Kaki 2 (VCC) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*Ground*).
- c. Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur *kontras* LCD (*Liquid Crystal Display*), kaki ini terhubung pada cermet. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
- d. Kaki 4 (RS) : *Register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
- e. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD (*Liquid Crystal Display*) sedang. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD (*Liquid Crystal Display*) sedang pada mode penulisan modul LCD (*Liquid Crystal Display*), kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *Ground*.
- f. Kaki 6 (E) : Enable Clock LCD (*Liquid Crystal Display*), kaki mengaktifkan clock LCD (*Liquid Crystal Display*).

- g. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kaki LCD (*Liquid Crystal Display*) ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
- h. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* LCD (*Liquid Crystal Display*) sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk LCD (*Liquid Crystal Display*) yang memiliki *backlight*)
- i. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif *backlight* LCD (*Liquid Crystal Display*) sebesar 0 volt yang memiliki *backlight*).

Tabel 2.5 Blok Pin LCD (*Liquid Crystal Display*)

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|----|-----|---|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| VSS | VCC | VEE | RS | R/W | E | DB0 | DB1 |

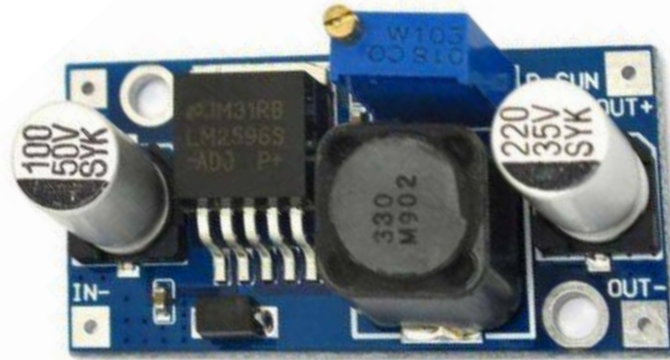
| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| DB2 | DB3 | DB4 | DB5 | DB6 | DB7 | LED+ | LED- |

Sumber: Hawys,2017

2.5 Modul *Stepdown* LM 2596

Modul *Stepdown* LM2596 adalah modul yang memiliki IC LM2596 sebagai komponen utamanya. IC LM2596 adalah sirkuit terpadu / *integrated circuit* yang berfungsi sebagai *Step-Down* DC *converter* dengan *current rating* 3A. Terdapat beberapa varian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu

versi *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi *fixed voltage output* yang tegangan keluarannya sudah tetap / *fixed*. (Suprpto, 2019)



Gambar 2.16 Modul Stepdown LM2596

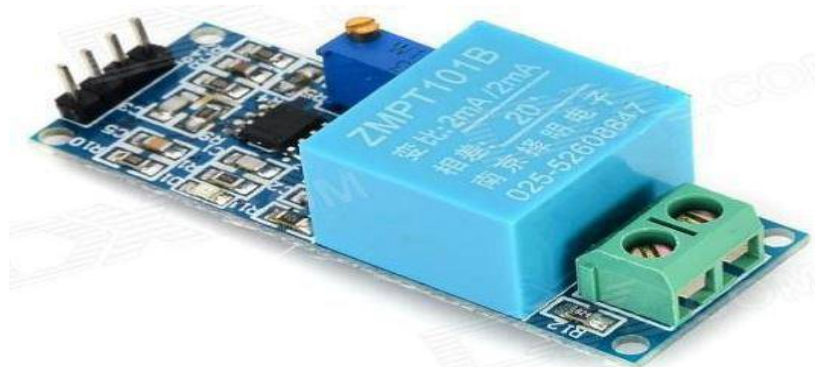
Sumber : [Suprpto,2019](#)

2.6 Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor ZMPT101b merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah *ultra micro voltage transformer*, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya.(Suwanto, 2019)

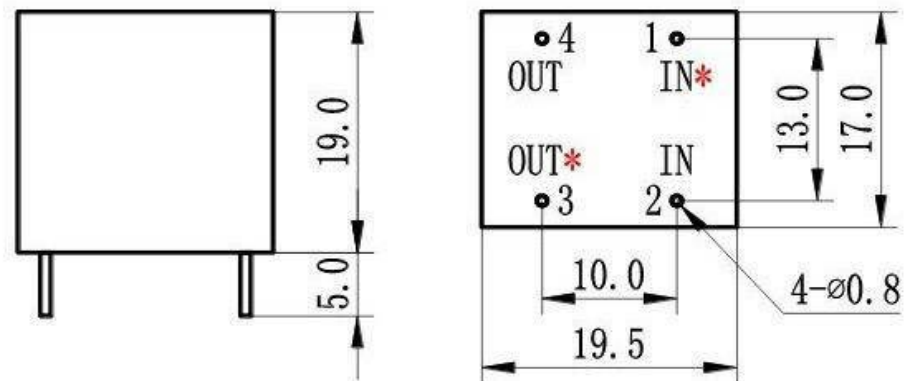
Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101b ini diantaranya adalah (Suwanto, 2019):

- a. Sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih.
- b. Sebagai *ground fault detection*.
- c. Pengukuran besaran listrik.
- d. Sebagai perangkat untuk analog to digital converter.



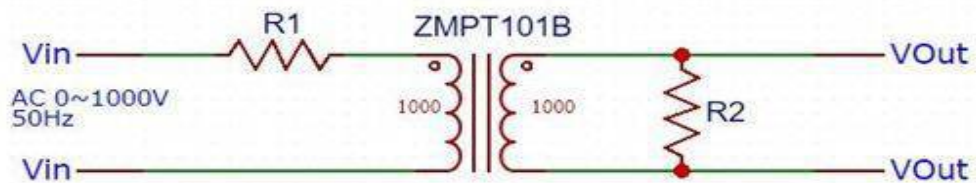
Gambar 2.17 Sensor Tegangan ZMPT101b

Sumber : Suwanto, 2019



Gambar 2.18 Dimensi Sensor ZMPT101b

Sumber : Suwanto, 2019



$$V_{Out} = (V_{in}/R1) \times R2$$

Keterangan :

V_{in} : Input Voltage

V_{Out} : Output Voltage

$R1$: Limiting Resistor

$R2$: Sampling Resistor

Gambar 2.19 Skematik Diagram ZMPT101b

Sumber : Suwanto, 2019

Tabel 2.6 Spesifikasi Elektrik ZMPT101b

| Spesifikasi Elektrik | |
|----------------------|--------------------------------|
| Arus Primer | 2mA |
| Arus Sekunder | 2mA |
| Rasio Balik | 1000:1000 |
| Error Sudut Fasa | $\leq 20^\circ$ (50 Ω) |
| Jarak Arus | 0-3mA |
| Linearitas | 0.1% |
| Tingkat Akurasi | 0.2 |
| Nilai Beban | $\leq 2000\Omega$ |
| Range Frekuensi | 50-60 Hz |
| Level Dielektrik | 3000VAC/min |
| Resistansi DC 20°C | 110 Ω |

Sumber : Suwanto, 2019

Spesifikasi Elektrik ZMPT101b merupakan spesifikasi yang meliputi arus primer, arus sekunder, rasio balik, *error* sudut fasa, jarak arus, linearitas, tingkat akurasi, nilai beban, *range* frekuensi, level dielektrik, dan resistansi DC 20°C. Dan pada sensor ZMPT101b pada bagian depan micro transformer sudah terdapat nilai arus primer dan arus sekunder yang masing-masing bernilai 2mA.

Tabel 2.7 Spesifikasi Faktor Lingkungan ZMPT101b

| Spesifikasi Faktor Lingkungan | |
|-------------------------------|------------|
| Temperatur Penyimpanan | 40°C±130°C |
| Resistansi Insulasi | >100MΩ |

Sumber : Suwanto, 2019

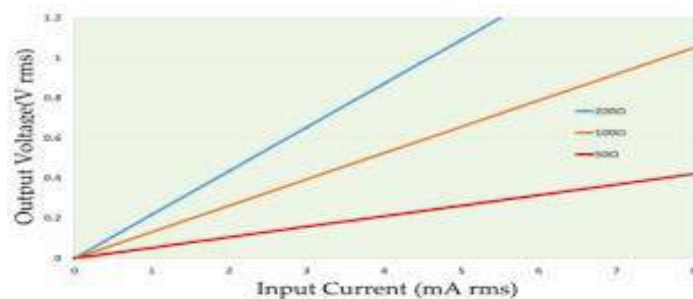
Spesifikasi faktor lingkungan ZMPT101b adalah spesifikasi yang meliputi nilai temperatur penyimpanan ZMPT101b 40°C±130°C dan resistansi insulasi lebih dari 100MΩ.

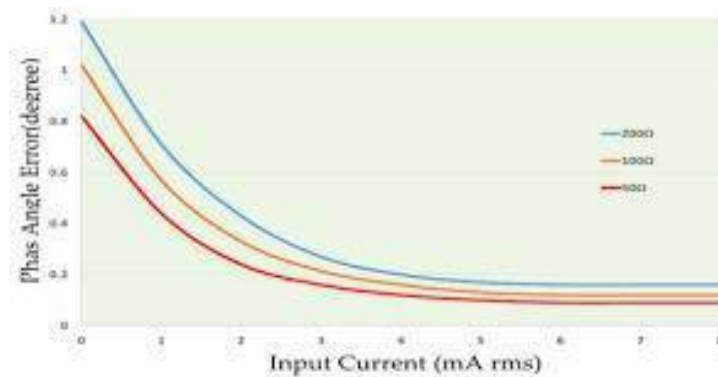
Tabel 2.8 Spesifikasi Mekanik ZMPT101b

| Spesifikasi Mekanik | |
|---------------------|---------------|
| Cup | PBT |
| Encapsulant | Epoxy |
| Terminal | Pin φ 0.80 mm |
| Toleransi | ±0.2 mm |
| Berat | 13 g |
| Case | Karton |

Sumber : Suwanto, 2019

Spesifikasi mekanik ZMPT101b adalah spesifikasi yang meliputi *cup*, *encapsulant*, terminal, toleransi, berat dan *case* dari sensor ZMPT101b.





Gambar 2.20 Karakteristik Output ZMPT101b

Sumber : Suwanto, 2019

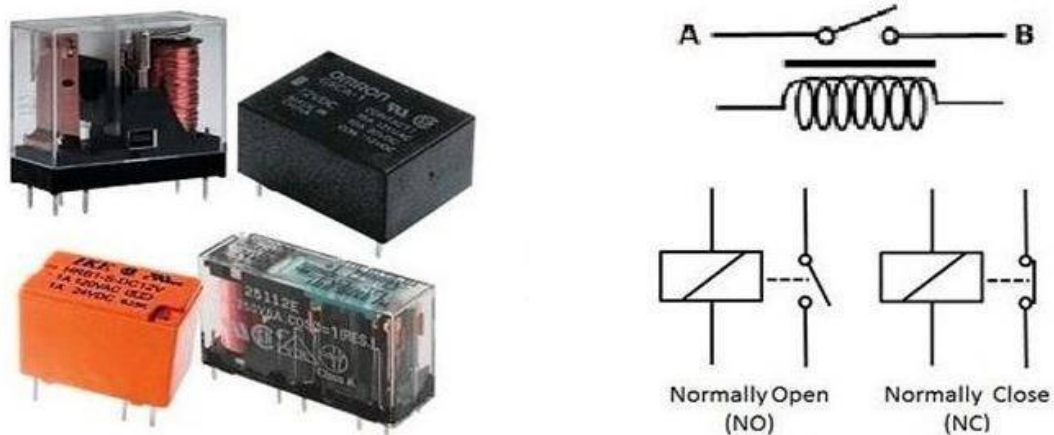
Pada gambar 2.21 karakteristik *output* ZMPT101b, pertama terdapat garis biru dengan nilai *input current* 5,5 mA rms, *output voltage* 1,2 V rms, *phase angle error* 1,2 degree dengan resistansi 200 Ω. Kedua terdapat garis kuning dengan nilai *input current* 8 mA rms, *output voltage* 1,1 V rms, *phase angle error* 1 degree dengan resistansi 100 Ω. Ketiga terdapat garis merah dengan nilai *input current* 8 mA rms, *output voltage* 0,4 V rms, *phase angle error* 0,8 degree dengan resistansi 50 Ω.

Sensor ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi sinus dari tegangan AC dengan besaran tegangan yang sesuai dengan kriteria ADC yakni 0 – 5 Volt. *Output* dari sensor ini berupa gelombang sinus yang nilai *offset* sebesar 2,5 Volt dengan nilai maksimal sebesar 5 Volt. Kondisi tersebut sesuai dengan kebutuhan untuk mendeteksi *Voltage Flicker* yaitu bentuk gelombang yang sesuai dengan kondisi tegangan AC (220 Volt), serta nilai tegangan dari *output* sensor memenuhi kriteria tegangan ADC Arduino. Sensor ZMPT101b juga memiliki rangkaian operational amplifier didalamnya. Sehingga dapat mengambil sampel dengan sangat akurat. (Suwanto, 2019)

2.7 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. (Kho, 2015)

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 2.21 Relay dan Simbol Relay

Sumber : Dickson Kho, 2015

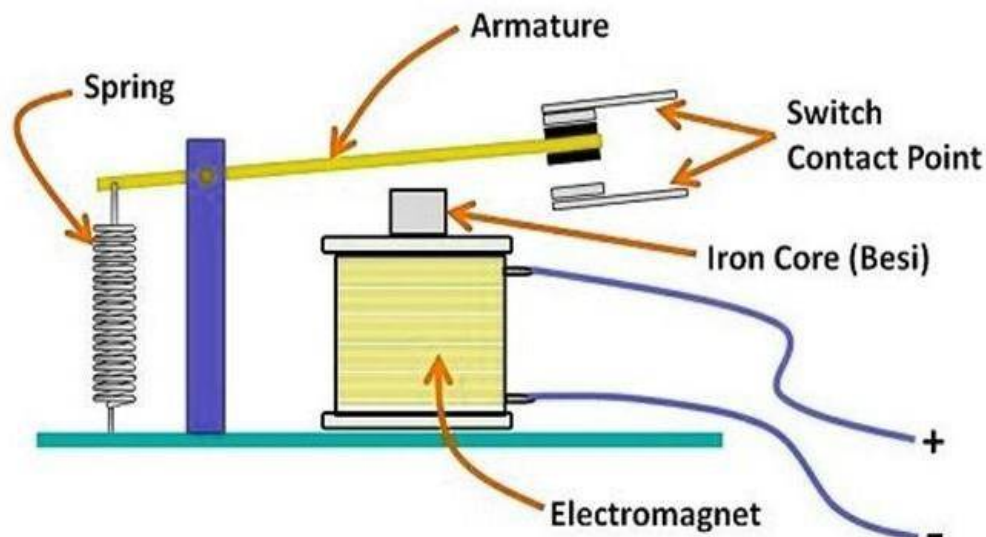
Berikut adalah beberapa fungsi komponen relay saat diaplikasikan ke dalam sebuah rangkaian elektronika : (Kho, 2015)

- a. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah.
- b. Menjalankan fungsi logika alias *logic function*.

- c. Memberikan fungsi penundaan waktu alias *time delay function*.
- d. Melindungi motor atau komponen lainnya dari kelebihan tegangan atau korsleting.

2.7.1 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 2.22 Prinsip Kerja Relay

Sumber : Dickson Kho, 2015

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 Point* ke posisi *close* hanya membutuhkan arus listrik yang relatif cukup kecil. (Kho, 2015)

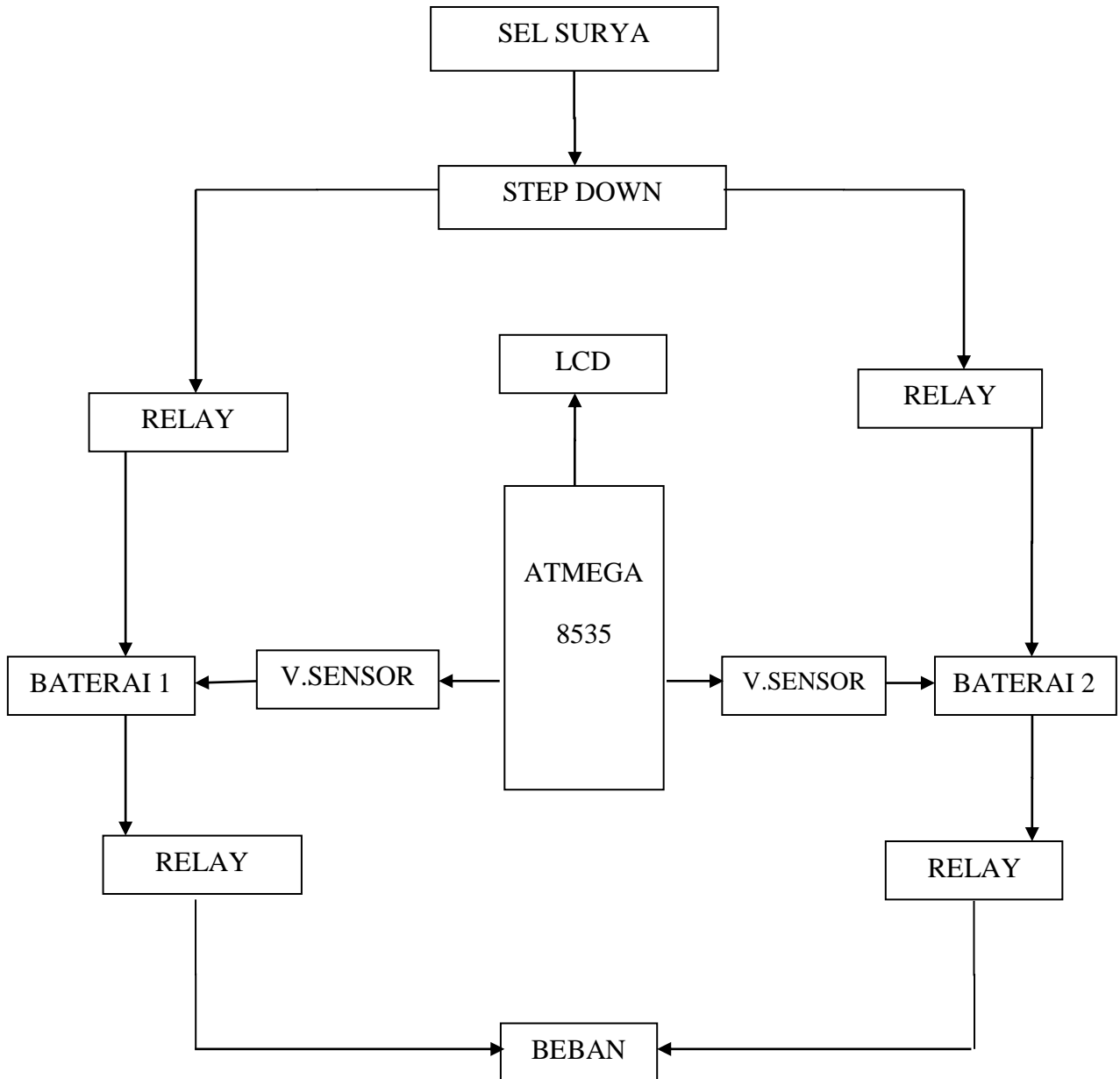
Sebagai berikut :

- a. NC atau *Normally Close* adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi *close* (tertutup)
- b. NO atau *Normally Open* adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi *open* (terbuka)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perancangan Blok Diagram Kerja Alat



Gambar 3.1 Blok Diagram Kerja Alat
Sumber: Penulis, 2019

Diagram blok sistem penelitian pada gambar 3.1 diatas menunjukkan urutan cara kerja sistem secara keseluruhan. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya:

1. Solar panel sebagai sumber masukan utama.
2. Step down sebagai penstabil tegangan output dari sel surya.
3. Mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pusat data untuk memproses system kerja alat.
4. Baterai sebagai tempat menyimpan daya yang dihasilkan oleh sel surya.
5. V.sensor berfungsi untuk membaca nilai tegangan pada suatu rangkaian.
6. Relay berfungsi untuk mengatur proses *switching* pada suatu rangkaian.
7. LCD sebagai *monitoring* tampilan pada suatu rangkaian.
8. Beban berupa peralatan elektronika yang memerlukan input tegangan 5v dan 12 volt.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis menggunakan metode pembahasan yaitu sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

Tahap pertama dari penelitian ini dimulai dari mencari sumber materi dan refrensi (jurnal tugas akhir) yang berkaitan dengan alat yang akan dibuat.

b. Perancangan alat dan pembuatan alat

Tahap kedua dari penelitian ini yaitu dimulai dengan merancang alat yang disesuaikan dengan spesifikasi yang diinginkan. Pada saat proses perancangan ini bertujuan agar didapatkan rancangan yang sesuai, optimal,

dan efisien. Dalam perancangan alat ini perlu diketahui cara kerja dari alat ini yaitu pembacaan data berupa tegangan dari keluaran alat pengisian baterai otomatis.

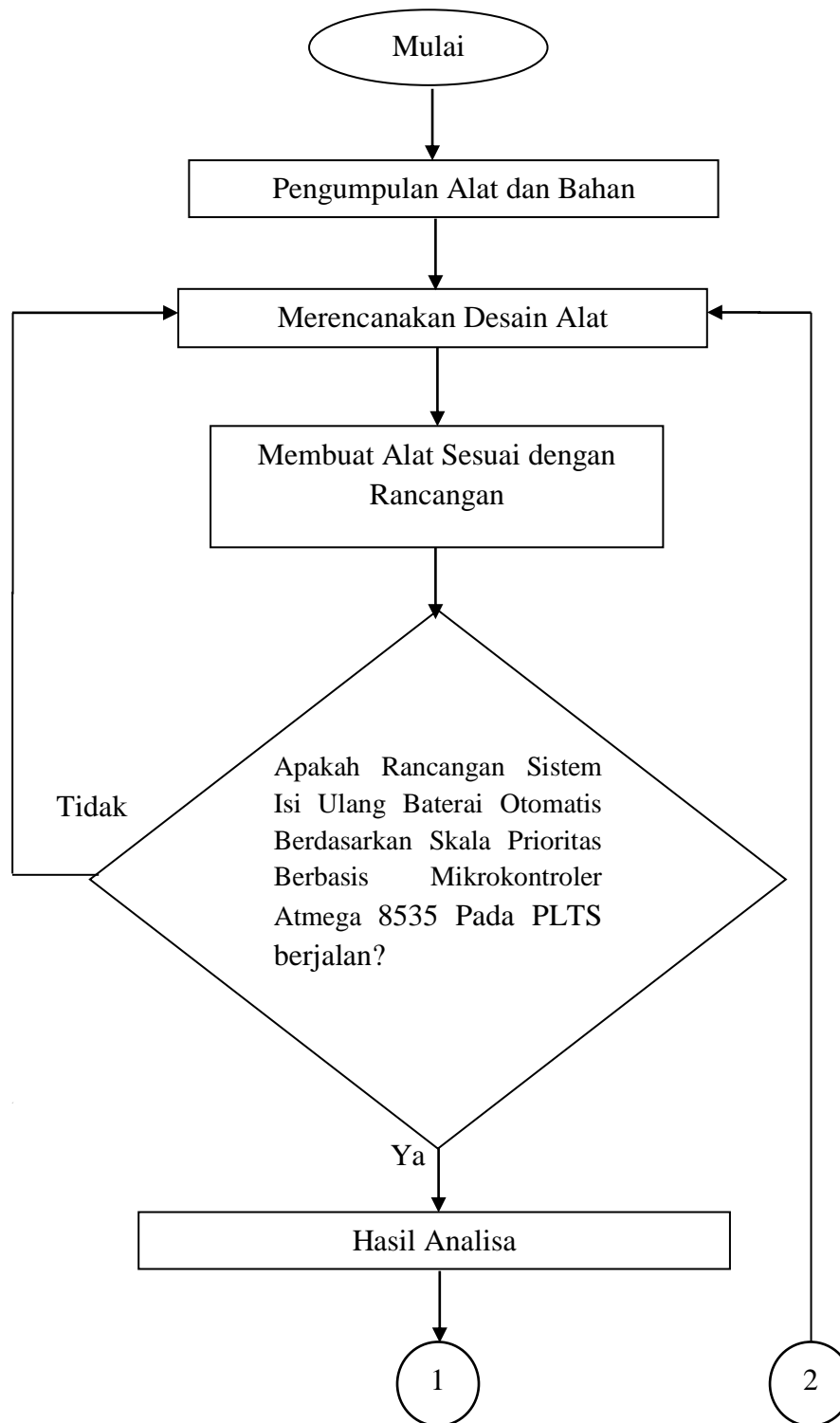
c. Pengambilan Data

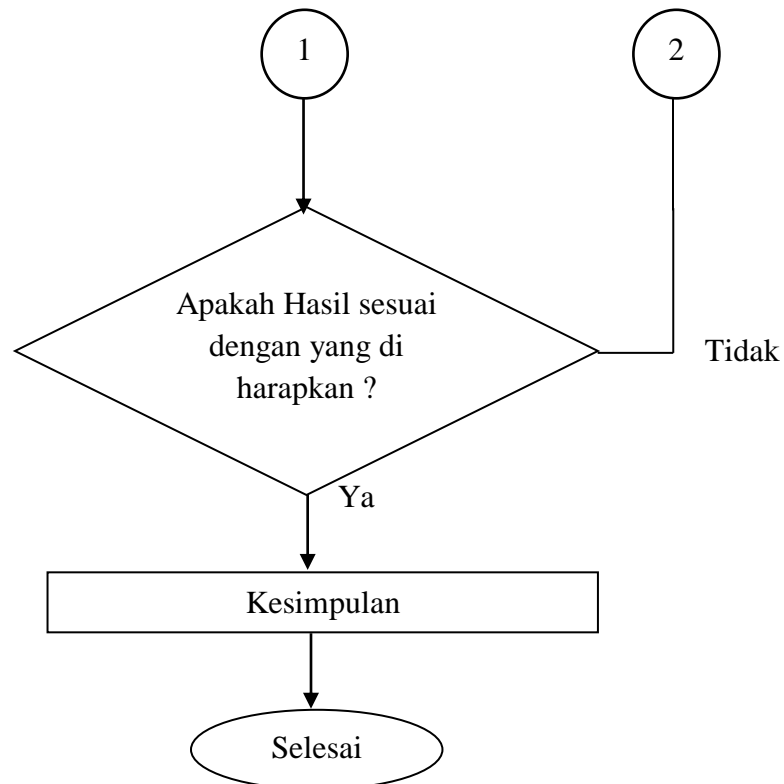
Tahap ketiga yaitu pengambilan data dari alat yang sudah dibuat. Data yang diambil berdasarkan hasil pembacaan dari keluaran alat. Data berupa tabel yang berisi nilai tegangan.

d. Pembuatan analisa dan kesimpulan

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah pembuatan analisa dan kesimpulan dari alat yang telah dibuat. Analisa bertujuan untuk melihat lebih seksama dan mendetail apakah alat ini sudah berjalan sesuai dengan perancangan atau belum. Dengan adanya kesimpulan diharapkan pembaca dapat mengembangkan alat ini menjadi lebih baik lagi.

3.2 Flowchart Penelitian





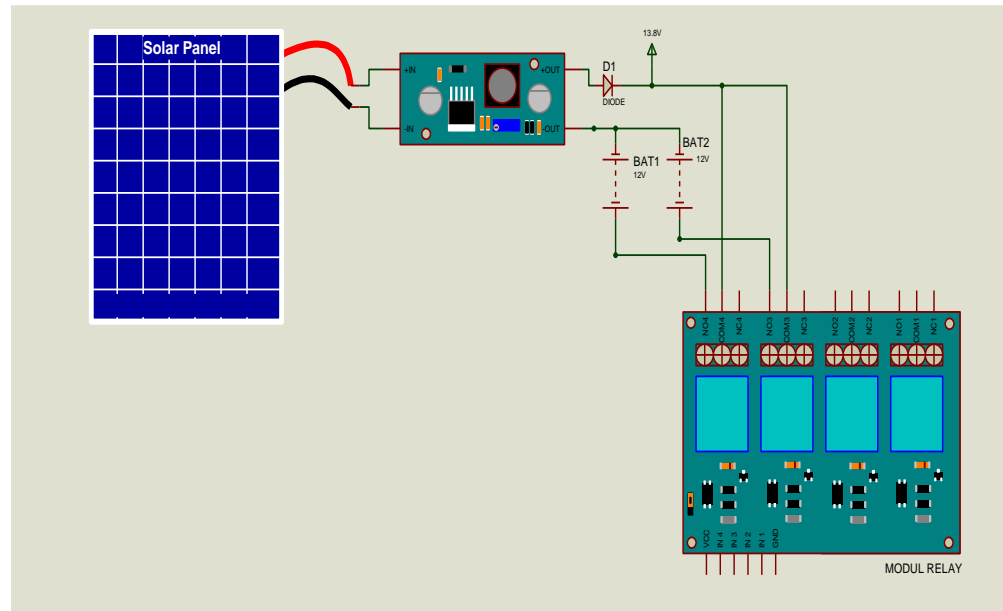
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

Sumber: Penulis, 2019

3.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras ini menjelaskan tentang bagaimana susunan rancangan pada perangkat-perangkat keras yang digunakan dalam membuat Perancangan Sistem Isi Ulang Baterai Otomatis Berdasarkan Skala Prioritas Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

3.3.1 Perancangan *Input Tegangan*

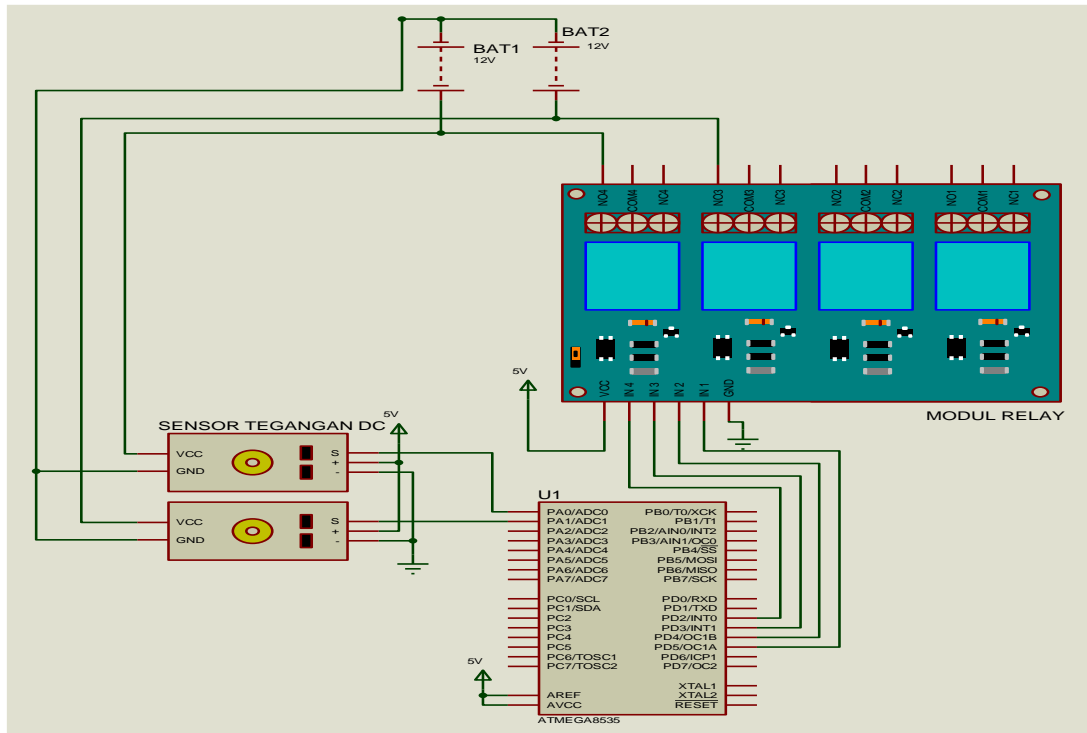


Gambar 3.3 Perancangan *Input Tegangan*

Sumber: Penulis, 2019

Perancangan diatas terdiri dari solar panel sebagai daya utama lalu dihubungkan melalui input modul *step down* LM2596 yang telah disetting tegangan outputnya yaitu 13,8 VDC dan apabila tegangan yg dihasilkan oleh solar panel melebihi tegangan yang dibutuhkan pada baterai contohnya 17V pada modul ini daya keluaran tegangan akan diturunkan atau distabilkan mencapai daya yang dibutuhkan agar dapat bekerja dengan baik dalam pengisian sebuah baterai, setelah daya keluaran tegangan telah stabil output positif modul *step down* di hubungkan ke diode yang bertujuan sebagai penghambat arus balik dari suatu rangkaian , lalu dihubungkan ke com3 dan com4 pada relay.

3.3.2 Perancangan Pengisian Otomatis



Gambar 3.4 Perancangan Pengisian Otomatis

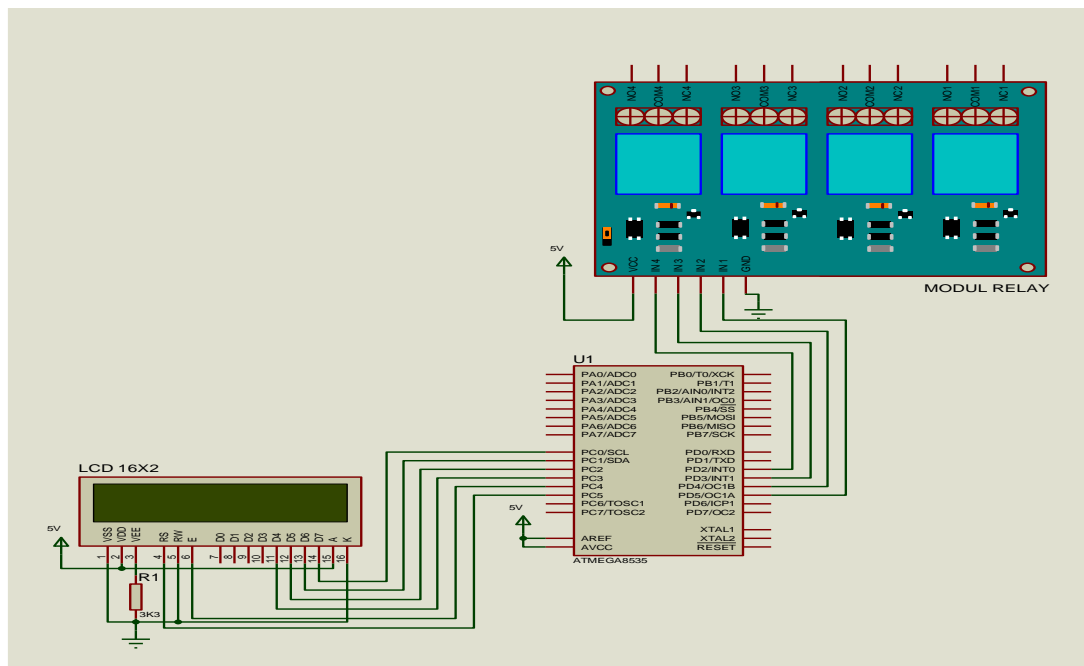
Sumber: Penulis,2019

Rangkaian pengisian otomatis dapat dikatakan rangkaian terpenting dari alat ini. Pada rangkaian ini terdiri dari Mikrokontroler ATmega 8535, modul sensor tegangan dan relay. Pengisian baterai dihubungkan dengan dengan Port *Normally Close* (NC) yang bekerja sama dengan rangkaian modul tegangan yang bertugas sebagai pendeteksi apakah baterai sudah mencapai batas prioritas minimum atau maksimum.

Apabila salah satu baterai mencapai batas prioritas minimum 11V maka otomatis alat akan berkerja untuk memulai proses pengecasan otomatis dan apabila baterai telah mencapai batas prioritas maksimum 13V maka alat akan otomatis menghentikan proses pengecasan, karena jika tegangan pengecasan lebih dari batas

prioritas maksimum maka dapat merusak inti baterai. proses ini dikendalikan oleh Mikrokontroler ATmega 8535 yang telah di program agar dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan

3.3.3 Perancangan Monitoring LCD

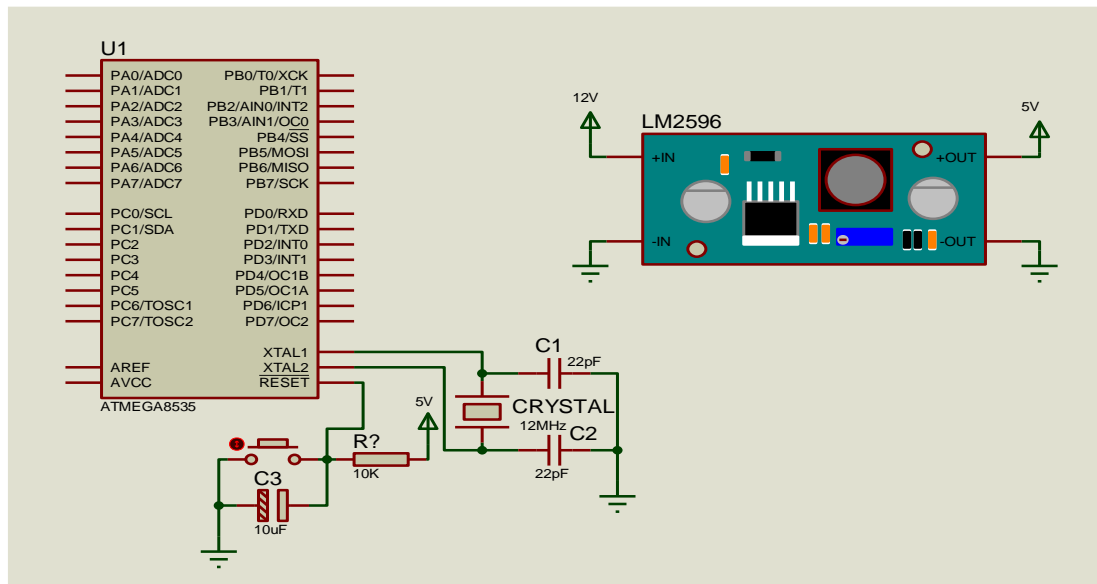


Gambar 3.5 Perancangan Monitoring LCD

Sumber: Penulis,2019

LCD memegang peranan penting karena digunakan untuk menampilkan data yang terdapat pada keseluruhan alat ini. Data tersebut berupa hasil monitoring pada beberapa bagian alat ini seperti status pengisian baterai, status baterai yg sedang digunakan dan yang sedang di isi, status performa baterai pada setiap baterai.

3.3.4 Perancangan Minimum Sistem ATmega 8535



Gambar 3.6 Perancangan Minimum Sistem ATmega 8535

Sumber: Penulis, 2019

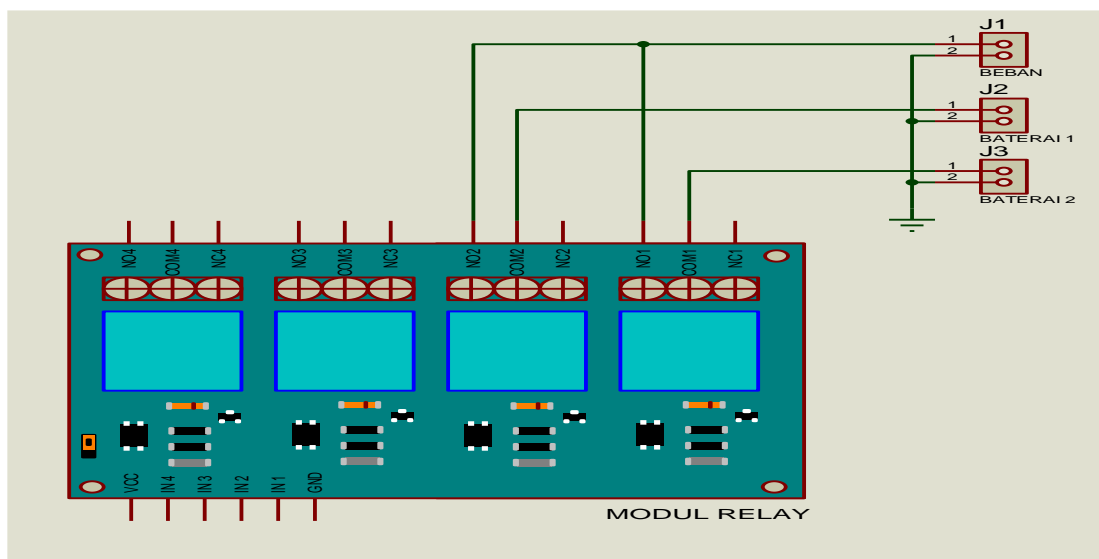
Di Gambar 3.6 merupakan perancangan minimum sistem dengan IC mikrokontroler ATmega 8535 sebagai komponen utama. Pada minimum sistem ditambahkan rangkaian osilator. Nilai kapasitor C1 22pf dan C2 22pf sesuai dengan datasheet ATmega 8535 yang berfungsi untuk mengoptimalkan *clock* yang dihasilkan dari crystal 12 MHz. Nilai kapasitor C3 dan R1 sesuai dengan *datasheet*. Kapasitor C3 10pf , resistor R1 10k Ω serta *push button* merupakan bagian dari rangkaian *reset*.

Perancangan rangkaian reset bertujuan untuk memaksa proses kerja pada mikrokontroler dapat diulang dari awal. Saat tombol reset ditekan maka mikrokontroler mendapat input logika rendah, sehingga akan me-reset seluruh proses yang sedang dilakukan mikrokontroler.

Pada minimum system ATmega 8535 terdapat resistor yang memiliki resistansi sebesar $10\text{ K}\Omega$ yang difungsikan sebagai pull-up. Resistor pull-up eksternal dapat digunakan untuk menjaga agar Pada reset tidak berlogika 0 secara tidak disengaja. Kapasitor $10\mu\text{F}$ digunakan system ATmega8535 merupakan gabungan dari rangkaian *push-button* dan *low-pass filter*.

Pada modul LM2596 berfungsi sebagai *input* tegangan sebuah rangkaian yang membutuhkan tegangan sebesar 5 VDC seperti ATmega 8535 agar dapat beroperasi sesuai yang diinginkan.

3.3.5 Perancangan *Output* Rangkaian



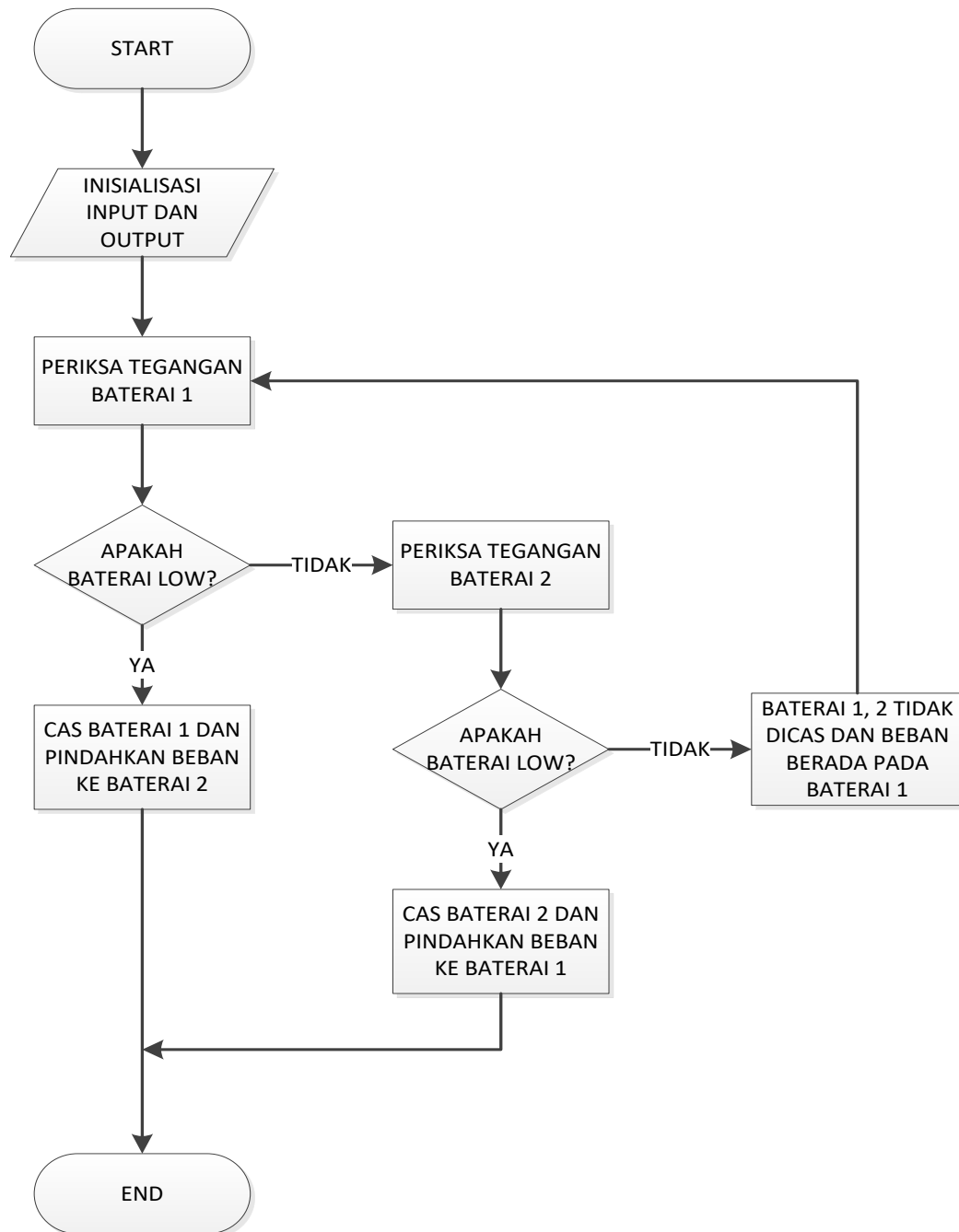
Gambar 3.7 Perancangan *Output* Rangkaian

Sumber: Penulis, 2019

Di bagian *output* rangkaian ini merupakan bagian akhir dari suatu rangkaian yang mengatur penggunaan daya suatu rangkaian yang terhubung melalui relay,

dibagian sini relay berfungsi sebagai pensaklaran salah satu baterai mana yang sudah layak dipakai untuk dihubungkan ke beban.

3.4 *Flowchart* Rangkaian Alat



Gambar 3.8 *Flowchart* Rangkaian Alat
Sumber: Penulis, 2019

Pada mikrokontroler digunakan sebagai proses pengaturan pengolahan data sensor. Pada mikrokontroler ini terjadi proses pengolahan data setelah data tersebut telah diolah maka akan dikirim menuju laptop untuk ditampilkan pada aplikasi *interface* berbasis PC (*Personal Computer*) yaitu Visual Basic menggunakan komunikasi serial.

Proses awal adalah inisialisasi ATmega8535, kemudian system akan memeriksa tegangan pada baterai 1 apakah baterai *low* dibawah persentase prioritas baterai atau tidak, apabila baterai 1 tidak *low* system akan memeriksa tegangan pada baterai 2 apakah baterai *low* jika tidak, baterai 1 dan baterai 2 tidak akan dicas dan system akan menghidupkan beban pada baterai 1.

Selanjutnya sistem akan mengulang kembali proses pemeriksaan tegangan pada baterai 1, apabila baterai 1 sudah mencapai prioritas *low* pada system akan otomatis mengecaskan baterai 1 dan memindahkan beban pada baterai 2 . setelah itu system akan memeriksa tegangan pada baterai 2 apakah baterai mencapai prioritas *low*, jika baterai 2 *low* system akan otomatis mengecaskan baterai 2 dan memindahkan beban ke baterai 1 lalu selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rancangan Alat

Dalam rancangan alat ini terdiri dari beberapa pengujian yang telah dilakukan yaitu : pengujian LCD, pengujian tegangan *Input* ke rangkaian, pengujian relay, pengujian sensor tegangan rangkaian, pengujian *solar cell*, pengujian keseluruhan.

4.1.1 Pengujian LCD

Pengujian LCD ini adalah pengujian pada rangkaian LCD yang merupakan perangkat yang memiliki fungsi untuk menampilkan data dalam suatu sistem. Pengujian LCD ini berfungsi untuk mengetahui LCD sudah dapat menampilkan data sesuai dengan perancangan suatu sistem dengan membandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur. LCD yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.



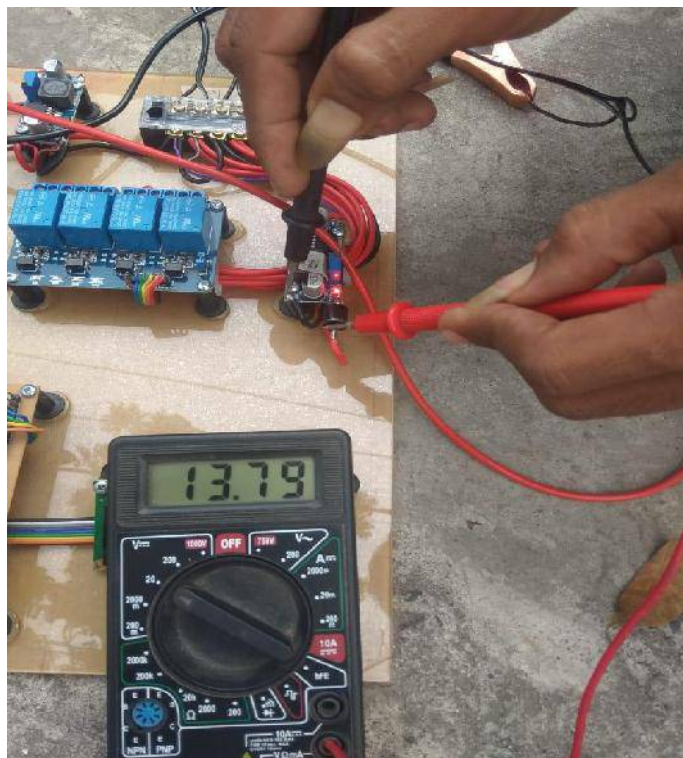
Gambar 4.1 Hasil Pengujian LCD

Sumber: Penulis,2019

Dimana pengujian dilakukan dengan memprogram mikrokontroler untuk menampilkan data, jika data yang ditampilkan sudah sesuai dengan program di mikrokontroler, maka LCD sudah bekerja dengan baik. Pada layar LCD menampilkan tegangan pengisian baterai, tegangan baterai, *load* dan *charge*. Hal tersebut sesuai dengan perintah yang dikirimkan sehingga LCD dapat bekerja dengan baik.

4.1.2 Pengujian Tegangan *Input* ke Rangkaian

Pada pengujian 1 tegangan input ke rangkaian ini diberikan tegangan dan di ukur dengan alat ukur multimeter yang menghasilkan nilai tegangan sebesar 13,79V.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian 1 Tegangan *Input* dengan Alat Ukur
Sumber: Penulis,2019

4.1.3 Pengujian Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau *switch elektrik* yang dioperasikan menggunakan listrik. Pada pengujian relay ini relay yang digunakan adalah relay 5 V 4 *channel*, dengan mengukur port GND, IN1, IN2, IN3, IN4, VCC. Pada pengujian tegangan *output* mikrokontroler ke relay dihasilkan nilai tegangan sebagai berikut;

Tabel 4.1 Data Pengujian Relay

| Relay | On | Off |
|-------|-------|-------|
| 1 | 0,05V | 4,97V |
| 2 | 0,05V | 4,98V |
| 3 | 0,05V | 4,98V |
| 4 | 0,05V | 4,98V |

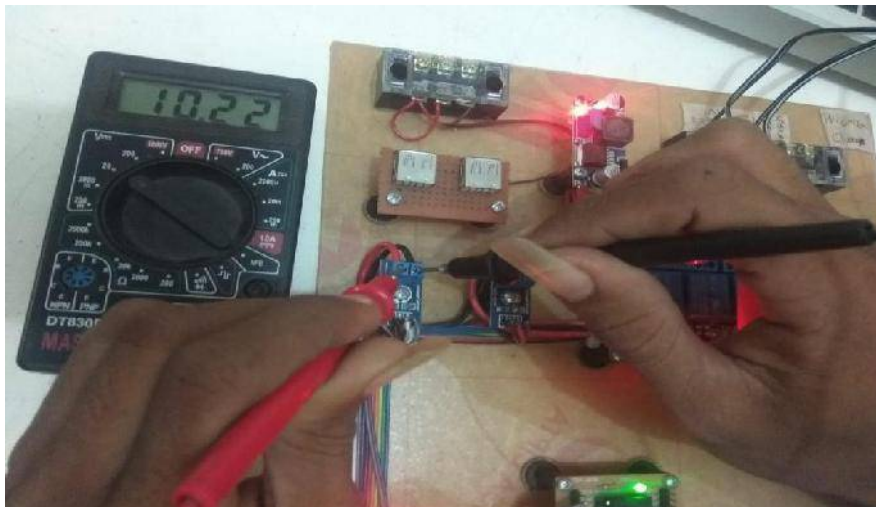
Sumber: Penulis, 2019

- a. Relay 1 pada saat *off* atau tidak terhubung menghasilkan tegangan sebesar 4,97V sedangkan relay 1 pada saat *on* atau terhubung menghasilkan tegangan sebesar 0,05V.
- b. Relay 2 pada saat *off* atau tidak terhubung menghasilkan tegangan sebesar 4,98V sedangkan relay 2 pada saat *on* atau terhubung menghasilkan tegangan sebesar 0,05V.
- c. Relay 3 pada saat *off* atau tidak terhubung menghasilkan tegangan sebesar 4,98V sedangkan relay 3 pada saat *on* atau terhubung menghasilkan tegangan sebesar 0,05V.

- d. Relay 4 pada saat *off* atau tidak terhubung menghasilkan tegangan sebesar 4,98V sedangkan relay 4 pada saat *on* atau terhubung menghasilkan tegangan sebesar 0,05V.

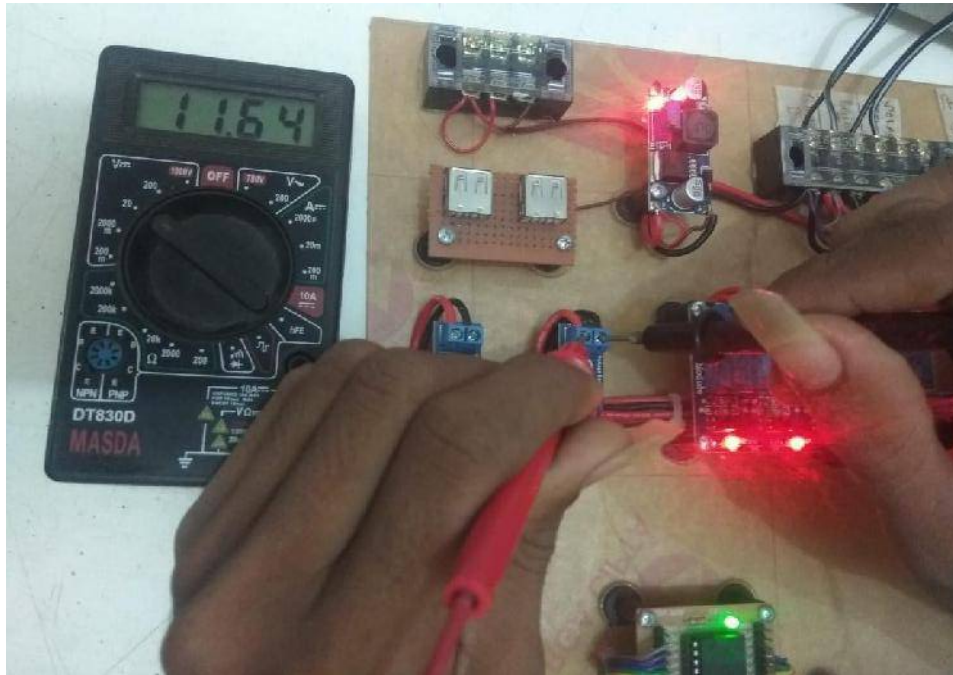
4.1.4 Pengujian Sensor Tegangan Ke Rangkaian

Dalam pengujian sensor tegangan ke rangkaian ini, pengujian pada V sensor yang digunakan yaitu sensor ZMPT101b yang merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi dengan ke unggulan memiliki sebuah *ultra micro voltage transformer*, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya. Pada hasil pengujian 1 sensor tegangan 1 pada rangkaian pengisian baterai yang diberi tegangan dengan alat ukur menghasilkan nilai tegangan sebesar 10,22 V dan hasil pengujian 2 sensor tegangan 2 pada rangkaian pengisian baterai yang diberi tegangan dengan alat ukur menghasilkan nilai tegangan sebesar 11,64 V.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian 1 Sensor Tegangan 1 Pada Rangkaian Pengisian Baterai

Sumber: Penulis, 2019



Gambar 4.4 Hasil Pengujian 2 Sensor Tegangan 2 Pada Rangkaian Pengisian Baterai

Sumber: Penulis, 2019

4.1.5 Pengujian Solar Cell

Dalam pengujian *Solar Cell* ini diberikan tegangan dengan alat ukur dan dengan pengujian 3 posisi *Solar Cell*. pengujian *Solar Cell* pada waktu 10:00 WIB di hasilkan tegangan sebesar 17,79 V, Pengujian *Solar Cell* pada waktu 12:00 WIB di hasilkan tegangan sebesar 19,27 V, Dan pengujian *Solar Cell* pada waktu 14:00 WIB di hasilkan tegangan sebesar 18,08 V. Maka tegangan yang dihasilkan lebih besar pada saat *Solar Cell* pada waktu 12:00 WIB.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian 1 Tegangan *Solar Cell* pada waktu 10:00 WIB dengan Alat Ukur
Sumber: Penulis,2019



Gambar 4.6 Hasil Pengujian 2 Tegangan *Solar Cell* pada waktu 12:00 WIB dengan Alat Ukur
Sumber: Penulis,2019



Gambar 4.7 Hasil Pengujian 3 Tegangan Solar Cell pada waktu 14:00 WIB dengan Alat Ukur
Sumber: Penulis,2019

Hasil pengujian selama satu hari penuh dari pukul 09:00 hingga 17:00 ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Data Pengujian Solar Cell

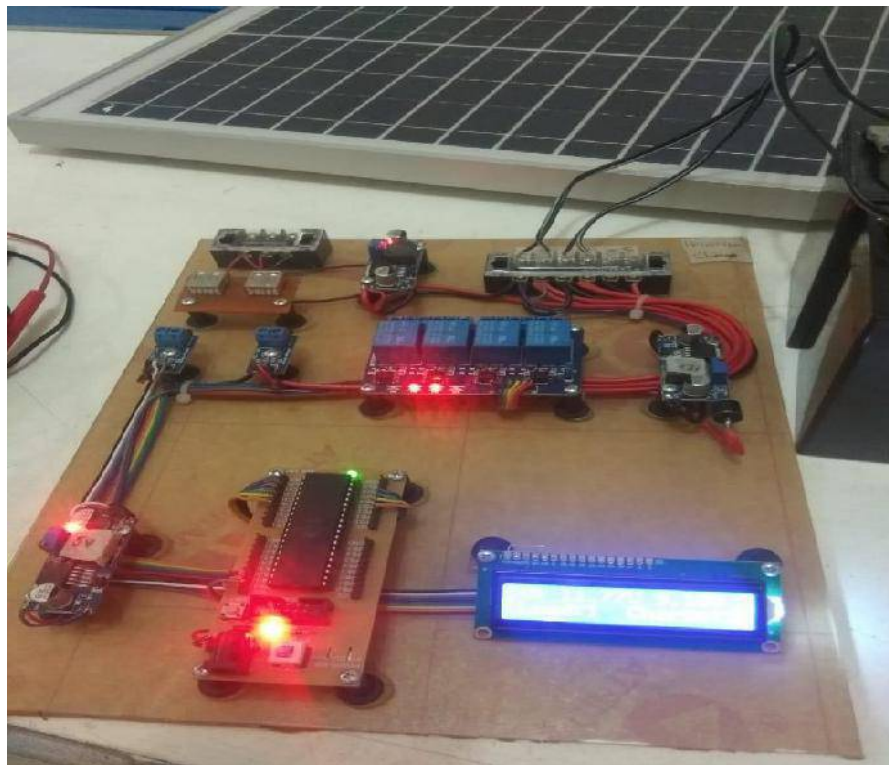
| Jam \ Waktu | Tegangan |
|-------------|----------|
| 09:00 | 17,02V |
| 09:30 | 17,52V |
| 10:00 | 17,79V |
| 10:30 | 18,69V |
| 11:00 | 19,15V |
| 11:30 | 19,25V |
| 12:00 | 19,27V |
| 12:30 | 19,20V |
| 13:00 | 19,18V |
| 13:30 | 19,03V |
| 14:00 | 18,08V |
| 14:30 | 17,45V |
| 15:00 | 16,49V |

| | |
|-------|--------|
| 15:30 | 16,20V |
| 16:00 | 15,35V |
| 16:30 | 15,12V |
| 17:00 | 15,09V |

Sumber: Penulis,2019

4.1.6 Pengujian Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian-pengujian terhadap pengujian LCD, pengujian tegangan rangkaian pengisian baterai, pengujian relay, pengujian tegangan input ke rangkaian, pengujian *solar cell* dan bekerja dengan baik. Maka pengujian keseluruhan alat perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas berbasis mikrokontroler Atmega 8535 pada pembangkit listrik tenaga surya ini bekerja dengan baik dan sesuai yang diinginkan.



Gambar 4.8 Hasil Pengujian Keseluruhan

Sumber: Penulis,2019

Pada pengujian (*charge*) pengisian baterai dilakukan pengukuran tegangan baterai. Pengujian dilakukan pukul 09:00 – 17:00 WIB pada tanggal 30 Mei 2020. Hasil dari pengujian alat pada saat pengisian baterai dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Alat Pada Saat Pengisian Baterai

| Jam \ Waktu | Tegangan Panel surya (V) | Tegangan Baterai 1 (V) | Tegangan Baterai 2 (V) |
|-------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 09:00 | 17,02V | 10,85 | 11,10 |
| 09:30 | 17,52V | 10,91 | 11,09 |
| 10:00 | 17,79V | 11,09 | 11,08 |
| 10:30 | 18,69V | 11,12 | 11,07 |
| 11:00 | 19,15V | 11,28 | 11,06 |
| 11:30 | 19,25V | 11,47 | 11,05 |
| 12:00 | 19,27V | 12,55 | 11,04 |
| 12:30 | 19,20V | 12,71 | 11,03 |
| 13:00 | 19,18V | 12,92 | 11,02 |
| 13:30 | 19,03V | 13,00 | 11,02 |
| 14:00 | 18,08V | 13,00 | 11,07 |
| 14:30 | 17,45V | 13,00 | 11,13 |
| 15:00 | 16,49V | 13,00 | 11,19 |
| 15:30 | 16,20V | 13,00 | 11,25 |
| 16:00 | 15,35V | 13,00 | 11,32 |
| 16:30 | 15,12V | 13,00 | 11,44 |
| 17:00 | 15,09V | 13,00 | 11,51 |

Sumber: Penulis, 2020

Pada tabel 4.3 terdapat hasil pengukuran tegangan panel surya, tegangan baterai 1, dan tegangan baterai 2. Dari hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa tegangan pada baterai 1 yang bertambah setiap waktunya pada pukul 09:00 – 13:00 WIB menunjukkan kapasitasnya bertambah hingga mencapai maksimal tegangan baterai kemudian menghentikan pengecasan. Pada baterai 2 tegangan menurun karena untuk menjalankan program pada alat pengecasan baterai berskala prioritas, Lalu pada pukul 14:00 data nilai tegangan bertambah dan mulai melakukan pengecasan pada baterai 2.

Pada pengujian (*discharge*) penggunaan baterai dilakukan pengukuran tegangan baterai pembebanan. Pengujian dilakukan pada pukul 20:00-07:00 WIB pada tanggal 31 Mei – 01 Juni 2020. Hasil dari pengujian alat pada saat pengisian baterai dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Beban yang digunakan adalah lampu DC 12V dan *charge smartphone 5V*.

**Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Alat Pada Saat Penggunaan Beban Lampu 12 V
25W**

| Waktu Pengukuran | Tegangan Baterai 1 (V) | Tegangan Baterai 2 (V) |
|------------------|------------------------|------------------------|
| 20:00 | 12,98V | 12,98V |
| 20:30 | 12,88V | 12,97V |
| 21:00 | 12,77V | 12,96V |
| 21:30 | 12,67V | 12,95V |
| 22:00 | 12,56V | 12,94V |
| 22:30 | 12,44V | 12,93V |
| 23:00 | 12,35V | 12,92V |
| 23:30 | 12,24V | 12,91V |
| 01:00 | 12,15V | 12,90V |
| 01:30 | 12,03V | 12,89V |
| 02:00 | 11,92V | 12,87V |
| 02:30 | 11,81V | 12,86V |
| 03:00 | 11,71V | 12,85V |
| 03:30 | 11,60V | 12,84V |
| 04:00 | 11,48V | 12,83V |
| 04:30 | 11,39V | 12,82V |
| 05:00 | 11,28V | 12,80V |
| 05:30 | 11,18V | 12,79V |
| 06:00 | 11,06V | 12,78V |
| 06:30 | 11,00V | 12,74V |
| 07:00 | 11,00V | 12,65V |

Sumber: Penulis, 2020

Data dari tabel 4.4 merupakan data tegangan baterai saat dibebani menggunakan lampu 12V 25W. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa tegangan pada baterai 1 akan terus menurun menunjukkan kapasitasnya berkurang setiap waktunya hingga mencapai minimal prioritas tegangan baterai 1 kemudian memindahkan beban ke baterai 2.

**Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Alat Pada Saat Penggunaan
Beban *charge smartphone 5V***

| Waktu Pengukuran | Tegangan Baterai 1 (V) | Tegangan Baterai 2 (V) |
|------------------|------------------------|------------------------|
| 20:00 | 11,00V | 12,65V |
| 20:30 | 11,00V | 12,61V |
| 21:00 | 11,00V | 12,57V |
| 21:30 | 11,00V | 12,53V |
| 22:00 | 11,00V | 12,49V |
| 22:30 | 11,00V | 12,45V |
| 23:00 | 11,00V | 12,41V |
| 23:30 | 11,00V | 12,37V |
| 01:00 | 11,00V | 12,33V |
| 01:30 | 11,00V | 12,29V |
| 02:00 | 11,00V | 12,25V |
| 02:30 | 11,00V | 12,21V |
| 03:00 | 11,00V | 12,17V |
| 03:30 | 11,00V | 12,13V |
| 04:00 | 11,00V | 12,09V |
| 04:30 | 11,00V | 12,05V |
| 05:00 | 11,00V | 12,01V |
| 05:30 | 11,00V | 11,97V |
| 06:00 | 11,00V | 11,93V |
| 06:30 | 11,00V | 11,89V |
| 07:00 | 11,00V | 11,85V |

Sumber: Penulis, 2020

Data dari tabel 4.5 merupakan data tegangan baterai saat dibebani menggunakan *charge smartphone 5V*. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa

tegangan pada baterai 2 akan terus menurun menunjukkan kapasitasnya berkurang setiap waktunya hingga mencapai minimal prioritas tegangan baterai 2 dan baterai 1 pada prioritas mengecras.

4.2 Cara Memanfaatkan Alat

Cara kerja sistem ini bekerja dengan menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* ke dalam baterai. Perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas ini merupakan sebuah alat yang memanfaatkan teknologi *solar cell* sebagai sumber energi dan diproses dengan menggunakan mikrokontroler yang digunakan untuk mengisi baterai dengan metode *smart switching*. *Smart switching* sendiri merupakan sebuah sistem otomatis yang bekerja memaksimalkan kapasitas penyimpanan energi listrik pada baterai. Sistem akan menyimpan energi pada baterai hingga mencapai kapasitas maksimalnya, setelah dicapai nilai maksimalnya maka sistem akan beralih ke baterai selanjutnya. Sistem ini memiliki kelebihan itu mampu mengatur proses pengisian dan pengosongan energi pada baterai. Pada saat proses pengisian baterai sedang berlangsung, baterai secara otomatis tidak dapat digunakan dikarenakan hal ini dapat memperpendek umur dari baterai tersebut. *Smart switching* dikontrol oleh sebuah mikrokontroler dan relay elektromekanik, mikrokontroler disini berfungsi sebagai otak dari alat tersebut dengan menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya dan relay berfungsi sebagai aktuator atau keluaran, kombinasi dari mikrokontroler dan relay inilah yang kemudian dinamakan *smart switching*.

Mikrokontroler tersebut kemudian akan membaca tegangan pada baterai dan akan mendeteksi ketersediaan sinar matahari yang ditandai dengan adanya tegangan listrik 5 V DC dan 12 V DC pada *output* panel surya. Adapun beberapa kondisi dalam pengaturan yaitu :

1. Ketika sinar matahari tersedia dan pembacaan tegangan baterai 1 pada saat kondisi baterai belum penuh maka beban akan memperoleh listrik yang bersumber dari baterai 2.



Gambar 4.9 Hasil Pengujian Baterai 1 Charge Baterai 2 Load
Sumber: Penulis,2019

2. Ketika sinar matahari tersedia dan pembacaan tegangan baterai 2 pada saat kondisi baterai belum penuh maka beban akan memperoleh listrik yang bersumber dari baterai 1.



Gambar 4.10 Hasil pengujian Baterai 2 Charge Baterai 1 Load

Sumber: Penulis,2019

Kelebihan pada alat ini memonitoring alat secara real time melalui LCD dengan menggunakan mikrokontroler sebagai sistem komunikasi antara mikrokontroler dengan LCD. Untuk memonitor alat pengisian baterai otomatis berdasarkan skala prioritas digunakan mikrokontroler dan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya. Mikrokontroler disini berfungsi sebagai sarana komunikasi yang nantinya akan dihubungkan ke alat monitoring dan masukan dari alat monitoring didapat dari keluaran yaitu berupa tegangan dari alat pengisian baterai. Pada dasarnya pengembangan alat pengisian baterai otomatis berdasarkan skala prioritas ini dibuat untuk mempermudah pengguna jika ingin memonitoring alat tersebut dengan dibantu adanya data pembacaan tegangan dari alat ini yang *real time* berdasarkan data yang ada, sehingga dapat diketahui juga performa dan kondisi alat tersebut masih layak pakai atau tidak serta dapat membantu dalam *maintenance* atau perbaikan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uji coba yang dilakukan terhadap perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas berbasis mikrokontroler Atmega 8535 pada pembangkit listrik tenaga surya ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas dari alat ini dilakukannya perancangan pada perangkat yang digunakan dan dibuktikan dengan pengujian yaitu pada pengujian LCD, pengujian tegangan *Input* ke rangkaian, pengujian relay, pengujian sensor tegangan rangkaian, pengujian *solar cell*, pengujian keseluruhan membuktikan bahwa alat perancangan sistem isi ulang baterai otomatis berdasarkan skala prioritas berbasis mikrokontroler Atmega 8535 pada pembangkit listrik tenaga surya mampu bekerja dengan baik dan output alat berupa tegangan 5 V DC dan 12 V DC, yang akan dimonitoring oleh LCD pada setiap tegangan pada baterai
2. Cara memanfaatkan alat ini yaitu dengan cara kerja sistem yang akan menyimpan energi pada baterai hingga mencapai kapasitas maksimalnya, setelah dicapai nilai maksimalnya maka sistem akan beralih ke baterai selanjutnya. Sistem ini memiliki kelebihananya itu mampu mengatur proses pengisian dan pengosongan energi pada baterai. Pada alat ini

memonitoring alat secara real time melalui LCD dengan menggunakan mikrokontroler sebagai sistem komunikasi antara mikrokontroler dengan LCD. Dan Pada layar LCD menampilkan tegangan pengisian baterai, tegangan baterai, *load* dan *charge*.

5.2 Saran

Penelitian pada tugas akhir ini dapat dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan alat tersebut dengan mempertimbangkan saran-saran sebagai berikut :

1. Sistem ini dikembangkan dengan memonitoring lewat monitor seperti perangkat PC atau laptop.
2. Sistem ini dikembangkan pada pembangkit listrik yang lebih besar dayanya dengan menambah kapasitas pada penyimpanan energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriawan, A. H., & Slamet, P. (2017). *Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya*. 02(01), 39–45.
- Bahri, s. (2019). Optimasi cluster k-means dengan modifikasi metode elbow untuk menganalisis disrupsi pendidikan tinggi.
- Buchmann, Isidor. 2001. *Baterai University*. <http://www.buchmann.com>. Diakses 26 Agustus 2015.
- Diantoro, m., maftuha, d., suprayogi, t., iqbal, m. R., mufti, n., taufiq, a., ... & hidayat, r. (2019). Performance of pterocarpus indicus willd leaf extract as natural dye tio2-dye/ito dssc. *Materials today: proceedings*, 17, 1268-1276.
- Efendi, Bachtiar. (2015). *Dasar Mikrokontroler ATmega8535 dengan CAVR*. Yogyakarta.
- Hamdani, h., tharo, z., & anisah, s. (2019, may). Perbandingan performansi pembangkit listrik tenaga surya antara daerah pegunungan dengan daerah pesisir. In seminar nasional teknik (semnastek) uisu (vol. 2, no. 1, pp. 190-195).
- Hariyanto, e., iqbal, m., siahaan, a. P. U., saragih, k. S., & batubara, s. (2019, march). Comparative study of tiger identification using template matching approach based on edge patterns. In *journal of physics: conference series* (vol. 1196, no. 1, p. 012025). Iop publishing.
- Hawys, L. G. (2017). *Rancang Bangun Prototype Pelontar Peluru Elektromagnetik*. 1-88.
- Kartawidjaja, M., Abdurrochman, A., dan Rumeksa, E. 2008. *Pencarian Parameter Bio-Baterai Asam Sitrat (C6H8O7)*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II.Lampung: Universitas Lampung.
- Kho, D. (2015). *Pengertian Relay dan Fungsinya* (p. 4). p. 4. Retrieved from <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>

- Lubis, a., & batubara, s. (2019, december). Sistem informasi suluk berbasis cloud computing untuk meningkatkan efisiensi kinerja dewan mursyidin tarekat naqsyabandiyah al kholidiyah jalaliyah. In prosiding simantap: seminar nasional matematika dan terapan (vol. 1, pp. 717-723).
- Ohzuku, T. (1995). *Zero-Strain Insertion Material of $\text{Li}[\text{Li}_{1/3}\text{Ti}_{5/3}]\text{O}_4$ for Rechargeable Lithium Cells*. Journal of The Electrochemical Society. <https://doi.org/10.1149/1.2048592>
- Prihandoko, B. (2008). *Pemanfaatan Soda Lime Silica dalam Pembuatan Komposit Elektrolit Baterai Lithium*. Universitas Indonesia.
- Putra, randi rian, et al. "decision support system in selecting additional employees using multi-factor evaluation process method." (2019).
- Putra, randi rian. "sistem informasi web pariwisata hutan mangrove di kelurahan belawan sicanang kecamatan medan belawan sebagai media promosi." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).
- Rahmaniar, r. (2019). Model flash-nr pada analisis sistem tenaga listrik (doctoral dissertation, universitas negeri padang).
- Rimbawati, Ardiansyah, N., & Noorly Evalina. (2019). *Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan*. Semnastek UISU, 1, 14–20.
- Sidik, a. P., efendi, s., & suherman, s. (2019, june). Improving one-time pad algorithm on shamir's three-pass protocol scheme by using rsa and elgamal algorithms. In journal of physics: conference series (vol. 1235, no. 1, p. 012007). Iop publishing.
- Sulistianingsih, i., suherman, s., & pane, e. (2019). Aplikasi peringatan dini cuaca menggunakan running text berbasis android. It journal research and development, 3(2), 76-83.
- Solly Aryza, Hermansyah, Andysyah Putera Utama Siahaan, S., & Lubis, Z. (2017). *Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portabel*. It Journal Research and Development, 2(1), 12. [https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2\(1\).642](https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2(1).642)

- Subhan, A. (2011). *Fabrikasi dan Karakteristik Li₄Ti₅O₁₂ untuk Bahan Anoda Baterai Litium Keramik*.
- Suprpto, D. E. (2019). *Monitoring Temperatur Trafo Distribusi 220v Dengan Arduino Berbasis IoT*. Inovtek Polbeng, 9(1), 155. <https://doi.org/10.35314/ip.v9i1.982>
- Suwanto. (2019). *Kendali dan Monitoring Pompa Pendingin pada PLTD Siantan Berbasis IoT (Internet Of Things)*.
- Tasril, v., wijaya, r. F., & widya, r. (2019). Aplikasi pintar belajar bimbingan dan konseling untuk siswa sma berbasis macromedia flash. Jurnal informasi komputer logika, 1(3).
- Triwibowo, J., 2011, *Rekayasa Bahan LixTiMnyFez(PO₄)₃Sebagai Katoda Solid Polymer Battery (SPB) Lithium*, Tesis, Program Studi Magister Ilmu Bahan, Universitas Indonesia, Depok.
- Wijaya, rian farta, et al. "aplikasi petani pintar dalam monitoring dan pembelajaran budidaya padi berbasis android." rang teknik journal 2.1 (2019).
- Yahya, S. (2010). *Pengendalian Temperatur Ruangan Berbasis Mikrokontroller ATMEGA8535*.
- Yoshio, Masaki. Ralph J. Brodd & Akiya Kozawa (Eds.). 2009. *Lithium-Ion Batteries Science and Technologies*. Japan: Springer.
- Yulianto, B. (2017). *Memanen Energi Matahari*. Bandung: ITB, 2017.