

## BAB II

### KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERPIKIR

#### 2.1. Kerangka Teoritis

##### 2.1.1. Rancang Bangun

Menurut Hasan dalam Alvin (2006:14) Rancang bangun adalah suatu istilah umum untuk membuat atau mendesain suatu objek dari awal pembuatan sampai akhir pembuatan.<sup>1</sup>

Rancang bangun berawal dari kata desain yang artinya perancangan, rancang, desain, bangun. Sedangkan merancang artinya mengatur, mengerjakan atau melakukan sesuatu dan perancangan artinya proses, cara, perbuatan merancang. Dapat disimpulkan arti kata desain adalah proses, cara, perbuatan dengan mengatur segala sesuatu sebelum bertindak atau merancang.

Dari kedua pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa rancang bangun merupakan tahapan-tahapan untuk menghasilkan sebuah hasil yang diinginkan dengan cara membuat dan mendesain objek yang diinginkan yang melalui beberapa proses.

##### 2.1.2. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid*

Sistem pembangkit energi *hybrid* adalah sistem yang menggabungkan beberapa sumber energi untuk memasok energi listrik ke beban. Dimana teknologi *hybrid* ini adalah konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi

---

<sup>1</sup> <http://wahyumau.blogspot.co.id/2012/12/proposalpenelitian-rancang-bangun.html>, diakses 20 Januari 2016, pada pukul 6:42 WIB

untuk tercapainya sebuah efisiensi dalam berbagai hal dan tentunya tidak akan menimbulkan polusi dampak lingkungan yang berbahaya bagi masyarakat. (Rosyid 2010:2).<sup>2</sup>

Pada pembangkit energi listrik *hybrid* pengkombinasian sumber energi yang digunakan yaitu menggabungkan sumber energi yang dapat diperbaharui/energi terbarukan (*renewable*) dengan yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*). Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang tersedia dalam jumlah besar dan bisa habis secara alamiah, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan, dan sebagainya. Sehingga, tujuan utama sistem *hybrid* adalah menciptakan suatu pembangkit yang lebih, efektif, bebas polusi dan kualitas daya yang bagus, dan energi yang dihasilkan dapat berkesinambungan.

### 2.1.3. *Power Bank*

Pengisi baterai portabel atau biasa disebut *power bank* adalah sebuah piranti yang digunakan untuk memasukkan energi listrik ke dalam baterai yang dapat diisi ulang tanpa harus menghubungkan piranti tersebut pada jala-jala listrik dan memiliki kapasitas baterai tertentu.



Gambar 2.1. Contoh Bentuk *Power Bank*  
Sumber : Dokumen Pribadi

<sup>2</sup> <http://www.slideshare.net/EthelbertPhanias/pemanfaatan-teknologi-hybrid-berbasis-energi-surya-dan-angin>, diakses 20 Januari 2016, pada pukul 6:45 WIB

Seperti pada alat lainnya, *power bank* seperti pada gambar 2.1. di atas memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya adalah *power bank* memiliki kapasitas daya baterai yang besar, serta bersifat universal, artinya dengan menggunakan *port micro/mini USB* dapat menyuplai energi listrik pada beberapa *smartphone/gadget*. Kekurangannya adalah *power bank* dapat membuat umur baterai perangkat menjadi lebih singkat karena tegangan pada *smartphone* atau *gadget* dengan *power bank* yang tidak sesuai dan bobotnya yang relatif berat.

Kapasitas *power bank* biasanya ditulis dalam satuan arus listrik mAh (mili ampere/hour), artinya dalam satu jam arus listrik yang dialirkan adalah sekian mili ampere. Secara teori, jika memiliki *smartphone/gadget* dengan kapasitas baterai 1500 mAh dan akan diisi dengan *power bank* berkapasitas 6000 mAh, maka *power bank* tersebut bisa mengisi ulang *smartphone/gadget* hingga 4 kali isi ulang. Namun dalam realitanya kemampuan *power bank* dalam mengisi ulang baterai *smartphone/gadget* tidak seperti itu. Hal tersebut dikarenakan pengisian daya baterai *Lithium* sendiri membutuhkan tegangan 5 volt sehingga diperlukan komponen *booster voltage* untuk menaikkan tegangan baterai *power bank* dari 3,7 volt menjadi 5 volt. Konsekuensi menaikkan tegangan tersebut adalah pengurangan jumlah kapasitas baterai (*Conversion Rate*).

Persamaan untuk mengetahui kemampuan *power bank* dalam melayani pengisian baterai *smartphone/gadget* bisa dilihat pada persamaan berikut.<sup>3</sup>

$$\text{Kemampuan } power\ bank \text{ melayani pengisian beban baterai } smartphone/gadget = \left( \frac{\text{Kapasitas Power Bank (mAh)} \times \text{efisiensi (0,8)} \times \text{Device Depletion (0,8)}}{\text{Kapasitas baterai perangkat (mAh)}} \right) \quad (2.1.)$$

<sup>3</sup> <http://reswaraku.blogspot.co.id/2015/09/apa-itu-power-bank-dan-bagaimana-cara.html>, diakses 20 Januari 2016, pada pukul 6:50 WIB

Keterangan :

- **Device Depletion** adalah penurunan kemampuan *power bank* dalam mengisi baterai. Pada saat mengisi baterai dari 0% hingga sekitar 20%, *power bank* akan bekerja lebih keras dan mengalirkan arus yang lebih besar untuk bisa mengisi baterai *smartphone/gadget* hingga hidup.

Secara hitungan sederhana, jika memiliki *power bank* dengan kapasitas 6000 mAh dan kapasitas baterai *smartphone/gadget* sebesar 1500 mAh, maka :

$$\left( \frac{6000 \text{ mAh} \times 0,8 \times 0,8}{1500 \text{ mAh}} \right) = 2,56 \text{ kali} \quad (2.2.)$$

Dari perhitungan di atas, artinya *power bank* dengan kapasitas 6000 mAh yang sudah terisi penuh bisa mengisi ulang baterai *smartphone/gadget* dengan kapasitas 1500 mAh sebanyak 2,5 kali isi ulang.

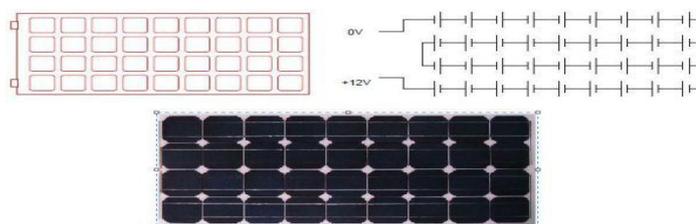
Dalam sebuah *power bank* biasanya dilengkapi dua *port* untuk *input* dan *output*. Cara kerja *power bank* harus diisi arus listrik terlebih dahulu dengan menghubungkan *port input* pada *power bank* dengan sumber listrik agar baterai *power bank* bisa terisi oleh daya listrik sesuai dengan kapasitas yang bisa ditampung di dalamnya. Kemudian, *port output* digunakan untuk menghubungkan *power bank* ke perangkat *smartphone/gadget* dengan menghubungkan kabel konektor *smartphone/gadget* dengan *power bank*. Besar nilai tegangan *output* standar yang dimiliki *power bank* yaitu sebesar 5 volt. Lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi daya baterai *smartphone/gadget* dengan *power bank* tergantung kapasitas daya baterai *smartphone/gadget* tersebut.

### 2.1.4. Sel Surya

Sel surya adalah suatu sel fotovoltaik yang dirancang khusus untuk menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Berapa besar jumlah energi yang dikeluarkan matahari sukar dibayangkan. Menurut salah satu perkiraan, inti sang surya yang merupakan suatu tungku termonuklir bersuhu 100 juta derajat celcius setiap detik mengonversi 5 ton materi menjadi energi yang dipancarkan ke angkasa luas sebanyak  $6,41 \times 10^7 \text{ W/m}^2$ .<sup>4</sup>

Matahari memasok energi ke permukaan bumi dalam bentuk radiasi dengan besar sekitar  $3.9 \times 10^{24} \text{ Joule} \sim 1.08 \times 10^{18} \text{ kWh}$  setiap tahunnya. Hal ini berarti energi yang diterima bumi dari matahari adalah 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya. Nilai rata-rata dari *irradiance*  $G_{sc}$  ini atau disebut dengan konstanta surya  $G_{sc}$  adalah  $1.367 \text{ W/m}^2$ . Nilai tersebut bukanlah besarnya radiasi yang sampai dipermukaan bumi karena atmosfer bumi mereduksi radiasi matahari tersebut. Untuk cuaca yang cerah di siang hari, *irradiance* yang mencapai permukaan bumi adalah  $1.000 \text{ W/m}^2$ .



Gambar 2.2. Ilustrasi Modul Surya

Sumber : Wilman Septina. 2013. Prinsip Kerja Sel Surya. (Diunduh)  
<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>  
 (Tanggal 1 Juni 2015)

<sup>4</sup> Suyitno, *Pembangkit Energi Listrik*, Pt. Rineka Cipta, Jakarta, 2011, hlm. 12

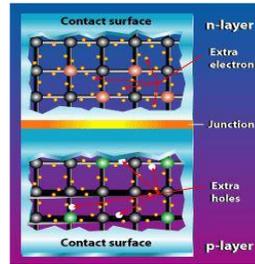
Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. di atas, sel surya dapat dianalogikan sebagai alat dengan dua terminal, dimana saat kondisi gelap berfungsi seperti dioda, dan saat disinari cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan dengan satu sel surya silikon menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5-1 volt dan arus *short-circuit* dalam skala milliamper per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus pada satu buah sel surya tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya.

Energi surya yang memasuki atmosfer dengan kepadatan yang diperkirakan sebesar antara 1 sampai  $1,4 \text{ kW/m}^2$  dengan arah tegak lurus terhadap poros sinar. Dari jumlah tersebut 34% dipantulkan kembali ke angkasa. Sebagian yang diperkirakan sebesar 19% diserap atmosfer, yaitu oleh komponen-komponen yang terdapat di udara seperti karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), debu dan awan. Selebihnya, yaitu kurang-lebih 47% diserap oleh bumi.<sup>5</sup>

Seperti pada gambar 2.3. di bawah ini, sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip P-N *junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-P dan tipe-N. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-N mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif), sedangkan semikonduktor tipe-P mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut dapat terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-P, silikon didoping oleh atom Boron, dan silikon tipe-N, didoping oleh atom Fosfor.

---

<sup>5</sup> Ibid., hlm. 12

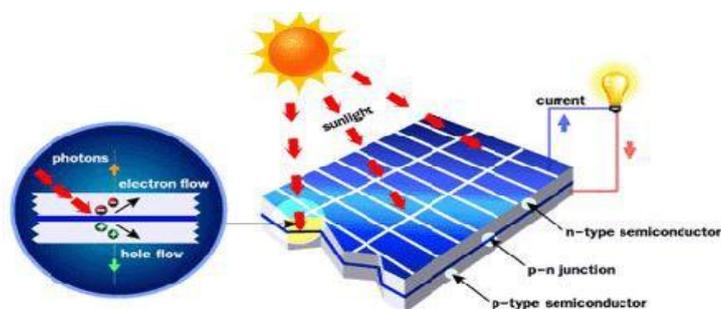


Gambar 2.3. *Junction* Antara Semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N

Sumber : Wilman Septina. 2013. Prinsip Kerja Sel Surya. (Diunduh)

<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

Peran dari P-N *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* dapat diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-P dan tipe-N terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-N ke tipe-P sehingga semikonduktor tipe-N membentuk kutub positif, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-P. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik, dimana ketika cahaya matahari mengenai susunan P-N *junction* ini, maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang. Ilustrasi dari prinsip kerja sel surya dapat dilihat pada gambar 2.4. di bawah ini.



Gambar 2.4. Cara Kerja Sel Surya dengan Prinsip P-N *Junction*.

Sumber : Wilman Septina. 2013. Prinsip Kerja Sel Surya. (Diunduh)

<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

Berikut ini beberapa jenis sel surya berbahan silikon yang umum digunakan dalam berbagai bidang keilmuan dan banyak beredar di pasaran.

### 1. Panel Surya Monokristal Silikon

Sel surya monokristal seperti pada gambar 2.5. di bawah, berasal dari satu induk batangan kristal, sehingga memiliki karakteristik yang identik dengan yang lainnya. Sehingga efisiensi monokristal mampu mencapai 15%-20%. Kelemahan dari sel surya tipe ini adalah tidak akan berfungsi baik di tempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan dan memakan ruang panel yang lebih besar.



Gambar 2.5. Sel Surya Monokristal Silikon

Sumber : Muhammad Naufal. 2013. Jenis-Jenis Solar Cell. (Diunduh)  
<http://solardaya.com/blog/jenis-jenis-solar-cell.html> (Tanggal 1 Juni 2015)

### 2. Panel Surya Polikristal Silikon

Jenis polikristal seperti pada gambar 2.6. di bawah, terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan yang umumnya berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikon polikristal tidak setinggi monokristal. Efisiensinya sekitar 13% - 16%, tetapi dengan potongan yang berbentuk persegi, polikristal dapat disusun lebih rapat daripada monokristal. Proses pembuatan polikristal juga lebih mudah dibandingkan monokristal sehingga harganya pun menjadi lebih murah.



Gambar 2.6. Sel Surya Polikristal Silikon

Sumber : Rachmat Adhi Wibowo. 2007. Sel Surya Silikon Sang Primadona. (Diunduh)  
<https://energisurya.wordpress.com/2007/11/20/sel-surya-silikon-sang-primadona/>  
 (Tanggal 1 Juni 2015)

### 3. *Thin-film Solar Cell* (TFSC)

Sel surya ini dibuat dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tipis ke dalam lapisan dasar. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction* PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

Berdasarkan materialnya sel surya TFPC digolongkan menjadi :

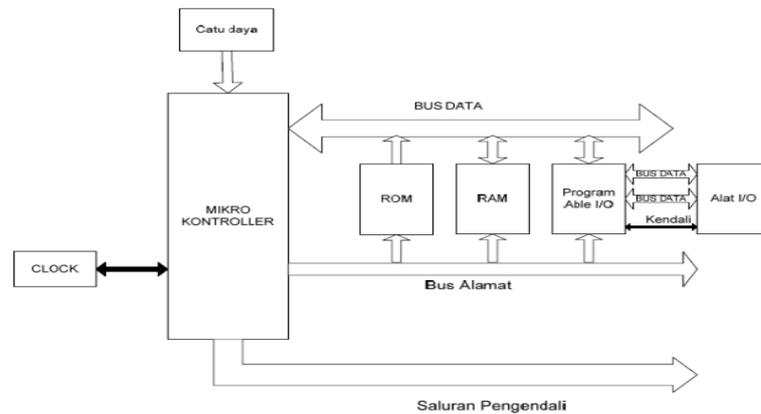
- a. *Amorphous Silicon* (A-Si)
- b. *Cadmium Telluride* (CdTe)
- c. *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS)

Jika dibandingkan kedua jenis sel surya *thin film* di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium.

#### 2.1.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip* dan di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil

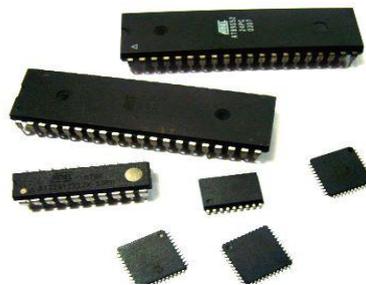
RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input-output*. Ilustrasi proses kerja mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.7. di bawah ini.



Gambar 2.7. Blok Proses Kerja Mikrokontroler

Sumber : Muhammad Imam. 2012. Pengertian Mikrokontroler. (Diunduh).  
<http://muhammadimamnurokhi.blogspot.com/2012/08/mikrokontroler.html/>  
 (Tanggal 5 Juni 2015)

Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote control*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input-output* yang terpisah, yaitu dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga. Mikrokontroler memiliki beragam bentuk seperti pada gambar 2.8. di bawah ini.



Gambar 2.8. Beragam Mikrokontroler

Sumber : Rian Saputra. 2010. Belajar Mikrokontroler. (Diunduh).  
<http://seputartechno.web.id/belajar-mikrokontroler.html> (Tanggal 5 Juni 2015)

Untuk merancang sebuah sistem berbasis mikrokontroler, kita memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu:

- a. Sistem minimal mikrokontroler.
- b. *Software* pemrograman dan kompilasi, serta *downloader*.

Pengertian dari sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Pada dasarnya sebuah sistem minimal mikrokontroler AVR memiliki prinsip yang sama, yang terdiri dari 4 bagian, yaitu :

1. Prosesor, yaitu mikrokontroler itu sendiri.
2. Rangkaian *reset* agar mikrokontroler dapat menjalankan program mulai dari awal.
3. Rangkaian *clock*, yang digunakan untuk memberi detak pada CPU.
4. Rangkaian catu daya, yang digunakan untuk memberi sumber daya.

Secara teknis, hanya ada 2 macam mikrokontroler. Pembagian ini didasarkan pada kompleksitas instruksi-instruksi yang dapat diterapkan pada mikrokontroler tersebut. Pembagian itu yaitu RISC dan CISC.

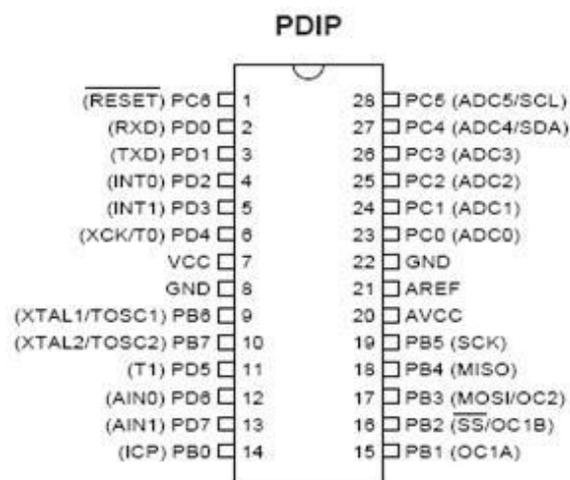
- a. RISC merupakan kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer*. Instruksi yang dimiliki terbatas, tetapi memiliki fasilitas yang lebih banyak.
- b. CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer*. Instruksi bisa dikatakan lebih lengkap dari RISC tapi dengan fasilitas secukupnya.

#### **2.1.5.1. Mikrokontroler AVR ATmega 8**

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua

instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt* internal dan eksternal, serial USART, *Programmable Watchdog Timer*, dan *Mode Power Saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega 8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*. ATmega 8 mempunyai *throughput* mendekati 1 MPS per MHz membuat disain dari sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

### 2.1.5.2. Pin Mikrokontroler AVR ATmega 8



Gambar 2.9. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AVR ATmega 8

Sumber : Dokumen Pribadi

ATmega 8 seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.9. di atas, memiliki 28 pin yang masing-masing pin-nya memiliki fungsi yang berbeda-beda baik

sebagai *port* ataupun sebagai fungsi yang lain. Berikut ini penjelasan tentang kegunaan dari masing-masing pin/kaki pada ATmega 8.

1. VCC

Merupakan suplai tegangan untuk digital.

2. GND

Merupakan *Grounding* untuk semua komponen yang membutuhkan *Grounding*.

3. *Port B*

Adalah 8 buah pin mulai dari pin B.0 sampai dengan pin B.7. Tiap pin dapat digunakan sebagai *input* dan juga *output*. *Port B* merupakan sebuah 8-bit *bit-directional I/O port* dengan *internal pull-up* resistor. Sebagai *input*, pin-pin yang terdapat pada *port B* yang secara eksternal diturunkan, maka akan mengeluarkan arus jika *pull-up* resistor diaktifkan.

4. *Port C*

Merupakan sebuah 7-bit *bit-directional I/O* yang di dalam masing-masing pin terdapat *pull-up* resistor. Jumlah pin-nya hanya 7 buah mulai dari C.0 sampai dengan pin C.6. Sebagai *output*, *port C* memiliki karakteristik yang sama dalam hal kemampuan menyerap/mengeluarkan arus.

5. *Reset/PC6*

Jika RSTDISBL Fuse diprogram, maka PC6 akan berfungsi sebagai pin I/O. Untuk diperhatikan juga bahwa pin ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan pin-pin yang terdapat pada *port C*. Namun jika RSTDISBL Fuse tidak diprogram, maka pin ini akan berfungsi sebagai *input reset*.

#### 6. Port D

Merupakan 8-bit *bit-directional* I/O dengan internal *pull-up* resistor. Fungsi dari *port* ini sama dengan *port-port* yang lain. Hanya saja pada *port* ini tidak terdapat kegunaan-kegunaan yang lain. Pada *port* ini hanya berfungsi sebagai masukan dan keluaran saja atau disebut dengan I/O.

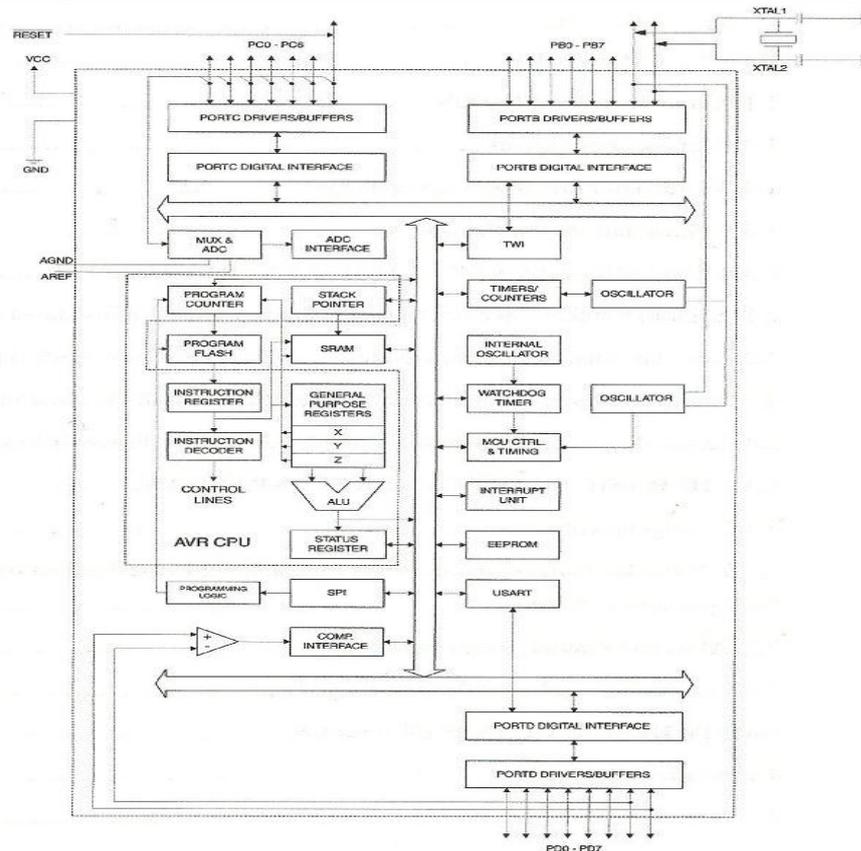
#### 7. AVCC

Pada pin ini memiliki fungsi sebagai *Power Supply* tegangan untuk ADC. Untuk pin ini harus dihubungkan secara terpisah dengan VCC karena pin ini digunakan untuk analog saja. Cara menghubungkan AVCC adalah melewati *low-pass filter*, setelah itu dihubungkan dengan VCC.

#### 8. AREF

Merupakan pin referensi analog jika menggunakan ADC. Pada AVR status *register* mengandung beberapa informasi mengenai hasil dari kebanyakan hasil eksekusi intruksi aritmatik. Informasi ini dapat digunakan untuk *altering* arus program sebagai kegunaan untuk meningkatkan performa pengoperasian melalui *software*.

Blok diagram dari mikrokontroler ATmega 8 seperti pada gambar 2.10. di bawah menjelaskan proses kerja dari masing-masing bagian mikrokontroler ATmega 8. Penggunaan rangkaian mikrokontroler ATmega 8 ada dua pilihan, yaitu dengan menggunakan ATmega 8 *development board* yang sudah ada di pasaran atau dengan membuat sendiri rangkaian mikrokontroler tersebut. Jika menggunakan rangkaian mikrokontroler yang sudah tersedia di pasaran maka akan mempersingkat waktu pembuatan sistem, karena hanya cukup membeli rangkaian berupa kit dan dapat langsung digunakan.



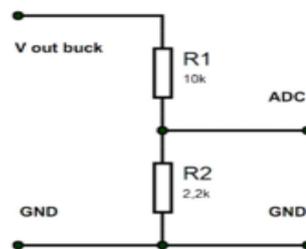
Gambar 2.10. Blok Diagram Mikrokontroler ATmega 8  
Sumber : Dokumen Pribadi

Adapun fitur-fitur pada mikrokontroler ATmega 8, yaitu antara lain :

- a. Saluran I/O sebanyak 23 buah terbagi menjadi 3 *port*.
- b. ADC sebanyak 6 saluran dengan 4 saluran 10 bit dan 2 saluran 8 bit.
- c. Tiga buah *timer counter*, dua diantaranya memiliki fasilitas pembandingan.
- d. CPU dengan 32 buah *register* dan *port* antarmuka SPI.
- e. *Watchdog timer* dan *oscillator internal*.
- f. SRAM sebesar 1K *byte* dan EEPROM sebesar 512 *byte*.
- g. Memori *flash* sebesar 8K *bytes System Self-Programmable Flash*.
- h. Unit interupsi internal dan eksternal.
- i. *Port* USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter*) untuk komunikasi serial.

### 2.1.6. Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan adalah rangkaian beberapa resistor yang dipasang seri yang berfungsi sebagai pembagi tegangan. Rangkaian sensor tegangan yang digunakan pada alat ini difungsikan sebagai pembagi tegangan keluaran sel surya dan dijadikan sebagai referensi tegangan *input* ADC mikrokontroler yang memiliki tegangan *input* maksimal 5 volt. Pada gambar 2.11. di bawah menunjukkan skema rangkaian sensor tegangan dengan 2 buah resistor.



Gambar 2.11. Rangkaian Sensor Tegangan  
Sumber : Dokumen Pribadi

Untuk mendapatkan nilai dari tegangan *output* yang digunakan adalah dengan rumus pembagi tegangan seperti pada persamaan 2.3. di bawah ini.

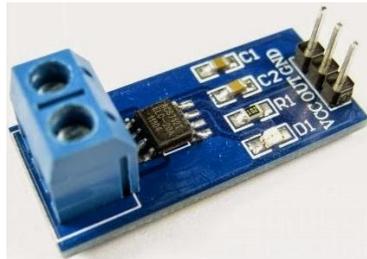
$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \times V_{in} \quad (2.3.)$$

Dimana :  $R_1$  : Resistor R1 (ohm)  
 $R_2$  : Resistor R2 (ohm)  
 $V_{in}$  : Tegangan *Input* (Volt)  
 $V_{out}$  : Tegangan *Output* (Volt)

### 2.1.7. Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil.

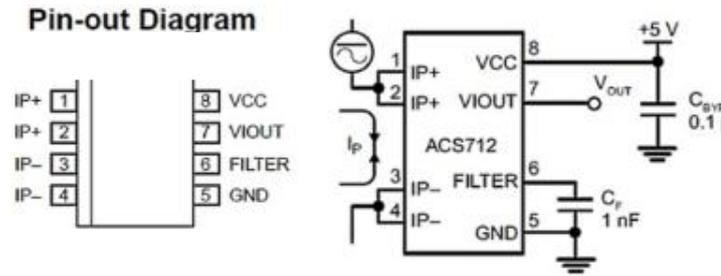
Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya. Modul dari IC ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.12. di bawah.



Gambar 2.12. Modul Sensor Arus ACS712

Sumber : Haviz Setiawan. 2008. Sensor Arus Efek Hall-ACS712. (Diunduh)  
<http://ilmubawang.blogspot.co.id/2011/04/sensor-arus-efek-hall-acs721-hall.html>  
 (Tanggal 5 Juni 2015)

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *transducer* medan secara berdekatan. Adapun konfigurasi pin IC dan rangkaian dari sensor arus ACS712 seperti ditunjukkan pada gambar 2.13. di bawah ini.



Gambar 2.13. Konfigurasi Pin dan Skema Sensor Arus ACS712  
 Sumber : Haviz Setiawan. 2008. Sensor Arus Efek Hall-ACS712. (Diunduh)  
<http://ilmubawang.blogspot.co.id/2011/04/sensor-arus-efek-hall-acs712-hall.html>  
 (Tanggal 5 Juni 2015)

Jika dilihat pada gambar di atas, ACS712 memiliki 8 buah pin yang memiliki fungsinya masing-masing, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1. di bawah ini.

Tabel 2.1. Fungsi Pin Sensor Arus ACS712

Nomor Pin	Nama Pin	Fungsi
1 dan 2	IP +	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
3 dan 4	IP -	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
5	GND	Terminal sinyal <i>Ground</i>
6	<i>FILTER</i>	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas <i>bandwidth</i>
7	<i>Viout</i>	Terminal keluaran sinyal analog
8	V <sub>CC</sub>	Terminal masukan catu daya

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 mΩ dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah dari 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. Pada IC ACS712 tipe 5A mempunyai sensitivitas sebesar 185 mV/A. Saat arus yang mengalir 0A, IC ini mempunyai *output* tegangan 2,5 volt. Nilai tegangan akan

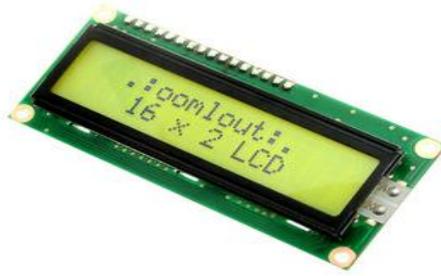
bertambah berbanding lurus dengan nilai arus. Kemudian, saat arus mengalir dari IP+ menuju IP-, maka keluaran akan lebih dari 2,5 volt. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan kurang dari 2,5 volt.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor suhu ACS712.

1. Memiliki sinyal analog dengan sinyal gangguan rendah (*low-noise*).
2. Ber-*bandwidth* 80 kHz.
3. Total *output* error 1,5% pada  $T_a = 25^\circ\text{C}$ .
4. Memiliki resistansi dalam 1,2 m $\Omega$ .
5. Tegangan sumber operasi tunggal 5,0 volt.
6. Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC.
7. Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil.
8. Histerisis akibat medan magnet mendekati nol.
9. Rasio keluaran sesuai tegangan sumber.

#### **2.1.8. LCD (*Liquid Crystal Display*)**

*Display* elektronik adalah salah satu komponen selektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis tampilan elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Contoh bentuk LCD 16x2 dapat dilihat pada gambar 2.14. di bawah ini.



Gambar 2.14. Contoh Bentuk LCD 16x2

Sumber : Muhammad Iqbal. 2010. LCD (*Liquid Cristal Display*). (Diunduh)  
<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/lcd-liquid-cristal-display/>  
 (Tanggal 5 Juni 2015)

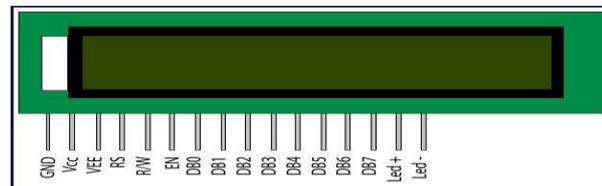
Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah :

- a. **DDRAM** (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. **CGRAM** (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. **CGROM** (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat.

Adapun *register* kontrol yang terdapat pada internal LCD diantaranya adalah :

- a. **Register perintah**, yaitu *register* yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.

- b. **Register data**, yaitu *register* untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM.



Gambar 2.15. Konfigurasi Pin Pada LCD 16x2

Sumber: Sofyan. 2013. Display LCD. (Diunduh).

<https://proyekarduino.wordpress.com/2015/04/05/display-dengan-lcd-16x2/>  
(Tanggal 5 Juni 2015).

*Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 memiliki 16 pin. Konfigurasinya dapat dilihat pada gambar 2.15. di atas dan fungsi dari setiap pinnya dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2. Fungsi Pin Pada LCD 16x2

No. Kaki/Pin	Nama	Keterangan
1	V <sub>CC</sub>	+5V
2	GND	0V
3	V <sub>EE</sub>	Tegangan kontras LCD
4	R <sub>S</sub>	<i>Register Select</i>
5	R/W	1 = <i>Read</i> , 0 = <i>Write</i>
6	E	<i>Enable Clock LCD</i>
7	D0	Data bus 0
8	D1	Data bus 1
9	D2	Data bus 2
10	D3	Data bus 3
11	D4	Data bus 4
12	D5	Data bus 5
13	D6	Data bus 6
14	D7	Data bus 7
15	Anoda	Tegangan <i>backlight</i> positif
16	Katoda	Tegangan <i>backlight</i> negatif

Meskipun ada 8 pin jalur data paralel yang dapat digunakan, pengguna masih bisa menghemat pin mikrokontroler dengan hanya menggunakan 4 bit saja

yaitu dari pin D4 sampai pin D7. Pin 15 dan pin 16 digunakan jika ingin membuat lampu pada LCD menyala, biasanya digunakan jika pengguna bertujuan agar tampilan teks pada LCD lebih terlihat.

### 2.1.9. IC (*Integrated Circuit*)

Komponen IC dibentuk dari beberapa macam komponen elektronika seperti resistor, kapasitor, diode, transistor yang dirangkai menjadi satu rangkaian yang terintegrasi dalam sebuah chip.<sup>6</sup>

IC dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari beberapa komponen hingga ribuan komponen elektronika berupa transistor, resistor dan komponen elektronika yang lain dan membentuk suatu rangkaian elektronika yang membentuk fungsi elektronika tertentu dan dikemas dalam sebuah kemasan yang kompak dan kecil dengan pin atau kaki sesuai dengan fungsinya.<sup>7</sup>

Dalam sebuah IC terdapat beberapa jenis komponen pasif maupun komponen aktif yang tersusun dalam kemasan. Jenis-jenis kemasan pada IC yang umum digunakan antara lain, yaitu *Single In-Line* (SIP), *Dual In-Line Package* (DIP), *Quad In-Line Package* (QIP), dan *Flat Pack*.

Secara umum, IC dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu :<sup>8</sup>

1. IC Analog (Linier) adalah IC yang tersusun oleh beberapa rangkaian (linier) dan beroperasi dengan menggunakan sinyal sinusoidal.

IC analog dibedakan menjadi 3, yaitu :

---

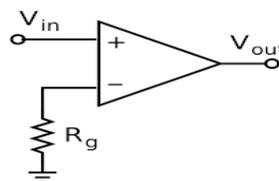
<sup>6</sup> Dedy Rusmadi, Mengenal Teknik Elektronika, Pionir Jaya, Bandung, 2007, hlm. 101

<sup>7</sup><http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/pengertian-ic-integrated-circuit/>, diakses 1 Juni 2015, pukul 21.34 WIB.

<sup>8</sup><http://www.chogwang.com/2014/10/integrated-circuit-ic-jenis-fungsi-dan-karakternya.html#>, diakses 1 Juni 2015, pukul 20.21 WIB.

- a. IC Op-Amp merupakan salah satu jenis IC analog yang berfungsi sebagai rangkaian penguat. IC Op-Amp memiliki dua jenis, yaitu *Op-Amp Inverting* dan *Op-Amp Non-Inverting*.
- b. IC *Timer 555* merupakan IC linier yang berfungsi sebagai rangkaian pewaktu *monostable* dan osilator *estable*.
- c. IC *Power* merupakan jenis IC yang beroperasi pada catu daya, misalnya pada rangkaian regulator, adaptor dan *power supply*.

Adapun contoh simbol dari IC analog dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Contoh Simbol IC Analog

Sumber : Abi Royen. 2014. Jenis-jenis *Integrated Circuit* (IC) (Diunduh)  
<http://www.chogwang.com/2014/10/integrated-circuit-ic-jenis-fungsi-dan-karakternya.html#> (Tanggal 1 Juni 2015)

## 2. IC Digital

Berbeda dengan IC analog (linier), IC digital beroperasi pada tegangan 0 volt (*low*) dan 5 volt (*high*). IC digital tersusun dari beberapa rangkaian logika (AND, OR, NOT, NAND, NOR, dan XOR). Contoh bentuk IC digital dapat dilihat pada gambar 2.17. di bawah ini.



Gambar 2.17. Contoh Bentuk IC Digital

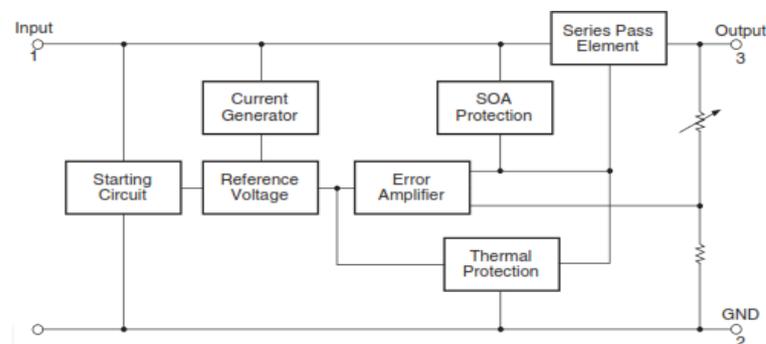
Sumber : Abi Royen. 2014. Jenis-Jenis *Integrated Circuit* (IC). (Diunduh)  
<http://www.chogwang.com/2014/10/integrated-circuit-ic-jenis-fungsi-dan-karakternya.html#>  
 (Tanggal 1 Juni 2015)

Pada perancangan *power bank* tenaga *hybrid* ini menggunakan IC analog berupa IC LM7805 yang berfungsi untuk meregulasi tegangan *input* dari sel surya. IC LM7805 sendiri merupakan salah satu jenis IC regulator analog LM78xx yang terdiri dari tiga terminal positif dengan tegangan *output* konstan 5 volt. IC ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi karena terdapat fitur *internal current limiting*, *thermal shutdown*, dan mampu mengalirkan arus sebesar 1 A, serta tegangan dan arus *output*-nya masih dapat disesuaikan dengan menambahkan komponen eksternal. Berikut ini konfigurasi pin (Gambar 2.18.) dan blok diagram (Gambar 2.19.) dari IC LM7805 yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.18. Konfigurasi Pin IC LM7805

Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 2.19. Blok Diagram IC LM7805

Sumber : Dokumen Pribadi

Seperti pada IC umumnya, IC LM7805 memiliki nilai absolut maksimum yang bisa dilihat pada tabel 2.3. di bawah ini. Adapun fitur-fitur yang terdapat pada IC LM7805, yaitu antara lain :

- a. Besar arus *output* maksimal sebesar 1 A.
- b. Besar tegangan *output* konstan sebesar 5 volt.

- c. Proteksi suhu akibat beban berlebih.
- d. Proteksi terhadap *short-circuit*.
- e. Proteksi area operasi untuk melindungi *output* transistor.

Tabel 2.3. Nilai Absolut Maksimum IC LM7805

Simbol	Parameter	Nilai	Unit	
$V_I$	<i>Input Voltage</i>	$V_O = 5 \text{ V to } 18 \text{ V}$	35	V
		$V_O = 24 \text{ V}$	40	
$R_{\theta JC}$	<i>Thermal Resistance, Junction Case (TO-220)</i>		5	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	<i>Thermal Resistance, Junction Air (TO-220)</i>		65	$^{\circ}\text{C/W}$
$T_{OPR}$	<i>Operating Temperature Range</i>		-40 to +125	$^{\circ}\text{C}$
			0 to +125	
$T_{STG}$	<i>Storage Temperature Range</i>		-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$

Berikut ini karakter nilai elektrik IC LM7805 yang bisa dilihat pada tabel

2.4. di bawah ini.

Tabel 2.4. Karakter Nilai Elektrik IC LM7805

Simbol	Parameter	Kondisi	Min.	Tip	Maks.	Unit
$V_O$	<i>Output Voltage</i>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4,80	5,00	5,20	V
		$I_O = 5 \text{ mA to } 1 \text{ A}, P_O \leq 15 \text{ W}, V_I = 7 \text{ V to } 20 \text{ V}$	4,75	5,00	5,25	
$\text{Reg}_{\text{line}}$	<i>Line Regulation</i>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 7 \text{ V to } 25 \text{ V}$	4,0	100,0	mV
			$V_I = 8 \text{ V to } 12 \text{ V}$	1,6	50,0	
$\text{Reg}_{\text{load}}$	<i>Load Regulation</i>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5 \text{ mA to } 1,5 \text{ A}$	9,0	100,0	mV
			$I_O = 0,25 \text{ A to } 0,75 \text{ A}$	4,0	50,0	
$I_Q$	<i>Quiescent Current</i>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$		5	8	mA
$\Delta I_Q$	<i>Quiescent Current Change</i>	$I_O = 5 \text{ mA to } 1 \text{ A}$		0,03	0,50	mA
		$V_I = 7 \text{ V to } 25 \text{ V}$		0,30	1,30	
$\Delta V_O/\Delta T$	<i>Output Voltage Drift</i>	$I_O = 5 \text{ mA}$		-0,8		mV/ $^{\circ}\text{C}$
$V_N$	<i>Output Noise Voltage</i>	$F = 10 \text{ Hz to } 100 \text{ kHz}, T_A = +25^{\circ}\text{C}$		42		$\mu\text{V}$

RR	<i>Ripple Rejection</i>	F = 120Hz, $V_1 = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$	62	73		dB
$V_{\text{DROP}}$	<i>Drop out Voltage</i>	$T_J = +25^\circ\text{C}$ , $I_O = 1 \text{ A}$		2		V

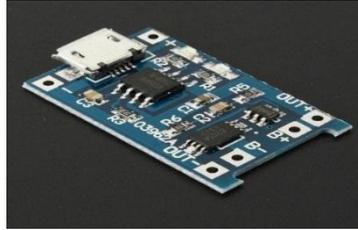
Catatan : Tabel di atas merujuk pada rangkaian uji,  $-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$ ,  $I_C = 500 \text{ mA}$ ,  $V_1 = 10 \text{ V}$ ,  $C_1 = 0,1 \mu\text{F}$ , kecuali dengan spesifikasi lainnya.

### 2.1.10. Modul *Charger*

Modul *charger* merupakan sebuah perangkat *development board* atau modul siap pakai yang berfungsi untuk mengisi ulang daya baterai serta mampu berfungsi sebagai proteksi baterai dari kerusakan. Pada penelitian ini, modul *charger* yang digunakan untuk mengisi ulang daya baterai *Lithium Ion* pada *power bank* tenaga *hybrid* yaitu modul *charger* yang terdiri dari tiga buah IC utama, yaitu IC TP4056, IC 8205A, dan IC DW01A. Adapun modul *charger* tersebut mempunyai spesifikasi atau fitur-fitur sebagai berikut :

- a. *Input* tegangan berupa *micro USB* dan *direct V<sub>CC</sub>* sebesar 4,5-5,5 volt.
- b. Penstabil tegangan *input* dan perlindungan *overcharge* (IC TP4056) dengan tegangan maksimum baterai sebesar 4,2 volt.
- c. Perlindungan *overdischarge* (IC DW01A) dengan tegangan minimum baterai sebesar 2,5 volt.
- d. IC MOSFET yang digunakan adalah IC 8205A.
- e. Besar arus pengisian maksimum sebesar 1000 mA (1 A).
- f. Terdapat 2 lampu indikator, indikator LED merah menandakan proses *charging* dan indikator LED biru menandakan baterai sudah penuh.

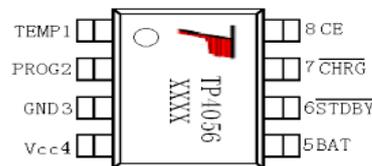
Berikut ini bentuk dari modul *charger* yang digunakan pada alat ini yang dapat dilihat pada gambar 2.20. di bawah ini.



Gambar 2.20. Modul *Charger* Baterai *Lithium Ion*  
Sumber : Dokumen Pribadi

#### 2.1.10.1. IC TP4056

IC TP4056 adalah sebuah chip *charger* linear yang sudah diprogram sehingga mampu menghasilkan arus dan tegangan yang konstan untuk mengisi baterai *Lithium Ion*. IC TP4056 tidak memiliki dioda yang digunakan untuk memblokir tegangan/arus balik yang mungkin terjadi karena struktur dari PMOSFET sudah dapat mencegah terjadinya hal tersebut. Kemudian, terdapat fitur yang berfungsi untuk membatasi arus *output* apabila terjadi suhu tinggi..



Gambar 2.21. Konfigurasi Pin IC TP4056  
Sumber : Dokumen Pribadi

Seperti pada gambar 2.21. di atas, pada IC TP4056 terdapat 8 pin yang memiliki fungsinya masing-masing, antara lain :

1. TEMP (Pin 1) : *Input* Suhu.

Hubungkan pin TEMP untuk *output* termistor NTC di baterai *Lithium Ion*. Pin TEMP digunakan sebagai pelindung suhu tinggi.

2. PROG (Pin 2) : Pengaturan Nilai Arus Konstan.

Arus pengisian diatur dengan menghubungkan resistor  $R_{SET}$  melalui pin ini dengan *Grounding* (GND). Ketika pada saat *pre-charge*, tegangan

pada pin I<sub>SET</sub> diatur pada nilai 0,2 volt. Selama pengisian berlangsung, tegangan pada pin I<sub>SET</sub> pin dapat digunakan untuk mengukur arusnya.

3. GND (Pin 3) : *Grounding*.
4. Vcc (Pin 4) : *Input* Tegangan Positif atau *Power Supply*.
5. BAT (Pin 5) : *Input* Koneksi ke Baterai.
6. STDBY (Pin 6) : *Close Drain Charge Status Output*.

Ketika pemutusan pengisian pada baterai, pin STDBY akan ditarik sampai nilai rendah oleh saklar internal, jika pin STDBY dalam keadaan impedansi tinggi.

7. CHRG (Pin 7) : *Open Drain Charge Status Output*.

Ketika proses pengisian baterai, pin CHRG akan ditarik sampai nilai rendah oleh saklar internal, jika pin CHRG dalam keadaan impedansi tinggi.

8. CE (Pin 8) : *Chip Enable Input*.

Pada saat pengisian mendapatkan nilai *high* pada *input*, maka pada saat itu sedang berlangsung pengisian normal. Ketika pin CE berada pada nilai *low*, maka IC TP4056 akan bekerja ke mode nonaktif.

Berikut ini penjelasan singkat dari nilai absolut maksimum pada IC TP4056 yang bisa dilihat pada tabel 2.5. di bawah.

Tabel 2.5. Nilai Absolut Maksimum IC TP4056

Parameter	Nilai Maksimum	Unit
<i>Input Supply Voltage (V<sub>CC</sub>)</i>	0.3 V to 8 V	Volt
CE	0.3 V to 10 V	Volt
<i>BAT Pin Current</i>	1200 mA	Ampere
<i>PROG Pin Current</i>	1200 $\mu$ A	Ampere
<i>Maximum Junction Temperature</i>	145°C	°Celcius
<i>Operating Ambient Temperature Range</i>	-40°C to 85°C	°Celcius
<i>Lead Temp (Soldering, 10sec)</i>	260°C	°Celcius

Berikut ini penjelasan dari nilai karakteristik elektris pada IC TP4056 yang bisa dilihat pada tabel 2.6. di bawah ini.

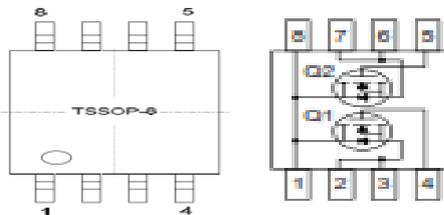
Tabel 2.6. Nilai Karakteristik Elektris IC TP4056

Simbol	Parameter	Kondisi	Min.	Typ	Maks.	Unit
$V_{CC}$	<i>Input Supply Voltage</i>		• 4.0	5	8.0	V
$I_{CC}$	<i>Input Supply Current</i>	<i>Charge Mode, R<sub>PROG</sub> = 1.2k</i>	• 150	500		mA
		<i>Standby Mode (Charge Terminated)</i>	• 55	100		μA
		<i>Shutdown Mode (R<sub>PROG</sub> Not Connected, V<sub>CC</sub> &lt; V<sub>BAT</sub>, or V<sub>CC</sub> &lt; V<sub>UV</sub>)</i>	• 55	100		μA
$V_{FLOAL}$	<i>Regulated Output (Float) Voltage</i>	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$ , $I_{BAT} = 40\text{mA}$	• 4.137	4.2	4.263	V
$I_{BAT}$	<i>BAT Pin Current Text condition: V<sub>BA</sub> T=4.0V</i>	<i>R<sub>PROG</sub> = 2.4k, Current Mode</i>	• 450	500	450	mA
		<i>R<sub>PROG</sub> = 1.2k, Current Mode</i>	• 950	1000	1050	mA
		<i>Standby Mode, V<sub>BAT</sub> = 4.2V</i>	• 0	-2,5	-6	μA
$I_{TRIKL}$	<i>Trickle Charge Current</i>	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$ , $R_{PROG} = 1.2K$	• 120	130	140	mA
$V_{TRIKL}$	<i>Trickle Charge Threshold Voltage</i>	$R_{PROG} = 1.2K$ , $V_{BAT}$ Rising	2,8	2,9	3,0	V
$V_{TRHYS}$	<i>Trickle Charge Hysteresis Voltage</i>	$R_{PROG} = 1.2K$	60	80	100	mV
$T_{LIM}$	<i>Junction Temperature in Constant Temperature Mode</i>			145		°C

Catatan : Tabel di atas merujuk pada rangkaian uji,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , kecuali dengan spesifikasi lainnya.

### 2.1.10.2. IC 8205A

IC 8205A merupakan IC dengan *dual N-channel MOS Field Effect Transistor* (MOSFET) yang menggunakan teknologi canggih untuk memberikan nilai  $R_{DS}$  yang sangat baik pada efek transistor. IC ini sangat cocok digunakan sebagai saklar beban dan berguna untuk memproteksi baterai.



Gambar 2.22. Konfigurasi Pin IC 8205A

Sumber : Dokumen Pribadi

Seperti pada gambar 2.22. di atas, IC 8205A memiliki 8 pin dengan fungsinya masing-masing, seperti yang terlihat pada tabel 2.7. di bawah.

Tabel 2.7. Fungsi Pin Pada IC 8205A

Nomor Pin	Nama Pin	Fungsi Pin
1	D	<i>Drain</i>
2	S1	<i>Source 1</i>
3	S1	<i>Source 1</i>
4	G1	<i>Gate 1</i>
5	G2	<i>Gate 2</i>
6	S2	<i>Source 2</i>
7	S2	<i>Source 2</i>
8	D	<i>Drain</i>

IC 8205A sendiri memiliki beberapa nilai absolut maksimum tetap yang sudah dirancang dari pabrikannya yang dapat dilihat pada tabel 2.8. di bawah.

Tabel 2.8. Nilai Absolut Maksimum IC 8205A

Parameter	Simbol	Nilai	Unit
<i>Drain Source Voltage</i>	$V_{DS}$	20	V
<i>Drain Current (continous) at <math>T_C = 25^\circ C</math></i>	$I_D$	6	A
<i>Drain Currebt (pulsed)</i>	$I_{DM}$	24	A

<i>Gate-Source Voltage</i>	$V_{GS}$	$\pm 12$	V
<i>Power Dissipation at <math>T_C = 25^\circ\text{C}</math></i>	$P_D$	1.25	W
<i>Operating and Storage Temperature Raing</i>	$T_{STG}$	-55 to + 150	$^\circ\text{C}$

Berikut ini penjelasan dari nilai karakteristik elektris pada IC 8205A yang bisa dilihat pada tabel 2.9. di bawah.

Tabel 2.9. Nilai Karakteristik Elektris IC 8205A

<b>Simbol</b>	<b>Parameter</b>	<b>Kondisi Tes</b>	<b>Min.</b>	<b>Tipe</b>	<b>Maks</b>	<b>Unit</b>
$V_{(BR)DSS}$	<i>Drain-Source Breakdown Voltage</i>	$I_D = 250 \mu\text{A}, V_{GS} = 0 \text{ V}$	20			V
$I_{DSS}$	<i>Zero Gate Voltage Drain Curren</i>	$V_{DS} = 20 \text{ V}, V_{GS} = 0 \text{ V}$			1	$1 \mu\text{A}$
$I_{GSS}$	<i>Gate Leakage Current</i>	$V_{GS} = \pm 10 \text{ V}, V_{DS} = 0 \text{ V}$			$\pm 1$	$\mu\text{A}$
$V_{GS(th)}$	<i>Gate threshold voltage</i>	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250 \mu\text{A}$	0.5		1.15	V
$R_{DS(on)}$	<i>Drain to Source On-state Resistance</i>	$V_{GS} = 4.5 \text{ V}, I_D = 2 \text{ A}$		45	50	$\text{m}\Omega$
		$V_{GS} = 3.85 \text{ V}, I_D = 2 \text{ A}$		48	52	$\text{m}\Omega$
		$V_{GS} = 2.5 \text{ V}, I_D = 2 \text{ A}$		60	70	$\text{m}\Omega$
$C_{iss}$	<i>Input Capacitance</i>	$V_{DS} = 15 \text{ V}, V_{GS} = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$		370		$\text{pF}$
$C_{oss}$	<i>Output Capacitance</i>			89		$\text{pF}$
$C_{rss}$	<i>Reverse Transfer Capacitance</i>			9,7		$\text{pF}$
$t_{d(on)}$	<i>Turn-on Delay Time</i>	$V_{DD} = 10 \text{ V}, I_D = 3 \text{ A}, V_{GS} = 4.5 \text{ V}, R_G = 4.7$		200		ns
$t_r$	<i>Rise Time</i>			236		ns
$t_{d(off)}$	<i>Turn-off Delay Time</i>			36		ns

Catatan : Tabel di atas merujuk pada rangkaian uji,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , kecuali dengan spesifikasi lainnya.

### 2.1.10.3. IC DW01A

IC DW01A merupakan IC yang dirancang untuk melindungi baterai Li-ion dari kerusakan karena *overcharge* dan *overdischarge* yang mengakibatkan berkurangnya umur baterai itu sendiri. Ukuran komponennya yang sangat kecil membuat IC DW01A ini sangat ideal digunakan pada ruang yang terbatas.

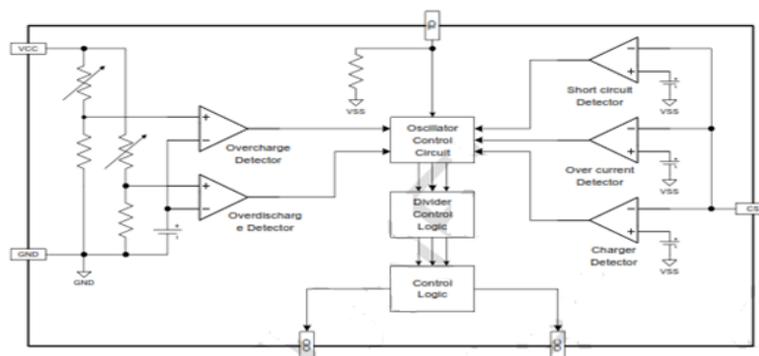


Gambar 2.23. Konfigurasi Pin IC DW01A  
Sumber : Dokumen Pribadi

Seperti pada gambar 2.23. di atas, pada IC DW01A terdapat 6 pin yang memiliki fungsinya masing-masing, antara lain :

1. OD (Pin 1) : Merupakan pin koneksi MOSFET untuk kontrol *discharge*.
2. CS (Pin 2) : Merupakan pin *input* untuk mendeteksi arus.
3. OC (Pin 3) : Merupakan pin koneksi MOSFET untuk kontrol *charge*.
4. TD (Pin 4) : Merupakan pin *delay time* pada saat rangkaian bekerja untuk memproteksi.
5. VCC (Pin 5) : Merupakan pin untuk sumber tegangan.
6. GND (Pin 6) : Merupakan pin untuk *Grounding*.

Blok diagram dari IC DW01A yang seperti ditunjukkan pada gambar 2.24. di bawah menjelaskan tentang diagram alir dari sistem kerja IC tersebut.



Gambar 2.24. Blok Diagram IC DW01A  
Sumber : Dokumen Pribadi

Berikut ini penjelasan dari nilai absolut maksimum pada IC DW01A yang bisa dilihat pada tabel 2.10. di bawah.

Tabel 2.10. Nilai Absolut Maksimum IC DW01A

Parameter	Simbol	Nilai	Unit
<i>Input Voltage between V<sub>CC</sub> and GND</i>	V <sub>CC</sub>	-0.3 to +10	V
<i>OC Output Pin Voltage</i>	V <sub>OC</sub>	-24 to +0.3	V
<i>OD Output Pin Voltage</i>	V <sub>OD</sub>	-0.3 to +0.3	V
<i>CS Input Pin Voltage</i>	V <sub>CS</sub>	-24 to +0.3	V
<i>Operating Temperature Range</i>	T <sub>OP</sub>	-40 to +85	°C
<i>Storage Temperature Range</i>	T <sub>ST</sub>	-40 to +125	°C

Berikut ini penjelasan dari nilai karakteristik elektrik pada IC DW01A yang bisa dilihat pada tabel 2.11. di bawah.

Tabel 2.11. Nilai Karakteristik Elektrik IC DW01A

Simbol	Parameter	Tes Kondisi	Min.	Tipe	Maks.	Unit
I <sub>CC</sub>	<i>Supply Current</i>	V <sub>CC</sub> = 3.9 V		3.0	6.0	μA
I <sub>OD</sub>	<i>Overdischarge Current</i>	V <sub>CC</sub> = 2.0 V		1,5	3,0	μA
V <sub>OCP</sub>	<i>Overcharge Protection Voltage</i>	DW01A	4.25	4.30	4.35	V
V <sub>OCR</sub>	<i>Overcharge Release Voltage</i>		4.05	4.10	4.15	V
V <sub>ODP</sub>	<i>Overdischarge Protection Voltage</i>		2.30	2.40	2.50	V
V <sub>ODR</sub>	<i>Overdischarge Release Voltage</i>		2.90	3.00	3.10	V
V <sub>OIP</sub> (V <sub>OI1</sub> )	<i>Overcurrent Protection Voltage</i>		120	150	180	mV
V <sub>SIP</sub> (V <sub>OI2</sub> )	<i>Short Current Protection Voltage</i>	V <sub>CC</sub> = 3.6 V	1.00	1.35	1.70	V
T <sub>OC</sub>	<i>Overcharge Delay Time</i>			80	200	Ms
T <sub>OD</sub>	<i>Overdischarge Delay Time</i>	V <sub>CC</sub> = 3.6 V to 2.0 V		40	100	Ms
T <sub>OI1</sub>	<i>Overcurrent Delay Time (1)</i>	V <sub>CC</sub> = 3.6 V		10	20	Ms
T <sub>OI2</sub>	<i>Overcurrent Delay Time (2)</i>	V <sub>CC</sub> = 3.6 V		5	50	Ms
V <sub>CHA</sub>	<i>Charger Detection Threshold Voltage</i>		-1.2	-0.7	-0.2	V
V <sub>DH</sub>	<i>OD Pin Output "H" Voltage</i>		V <sub>CC</sub> -0.1	V <sub>CC</sub> -0.02		V
V <sub>DL</sub>	<i>OD Pin Output "L" Voltage</i>			0.1	0.5	V
V <sub>CH</sub>	<i>OC Pin Output "H" Voltage</i>		V <sub>CC</sub> -0.1	V <sub>CC</sub> -0.02		V

Catatan : Tabel di atas merujuk pada rangkaian uji, T<sub>A</sub>=25°C, kecuali dengan spesifikasi lainnya.

### 2.1.11. Modul *Step-Up* Tegangan

Modul *step-up* tegangan adalah perangkat modul yang berfungsi untuk menaikkan tegangan *input* sesuai dengan kebutuhan. Pada perancangan alat ini, terdapat 2 buah modul *step-up* tegangan yang digunakan yaitu modul yang berintikan IC MT3608 dan modul yang berintikan IC E50D/IC A7530 yang berfungsi sebagai IC penstabil dan penaik tegangan baterai dari 3,7 volt diubah menjadi 5 volt. Pada modul *step-up* tegangan IC MT3608, besar nilai tegangan *output* yang diinginkan dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan dengan cara memutar potensiometer yang terdapat pada modul tersebut. Sedangkan pada modul *step-up* tegangan IC A7530, hasil *output* tegangan sudah tetap 5V.



(a)



(b)

Gambar 2.25. Modul *Step-Up* Tegangan IC MT3608 (a) dan IC A7530 (b)

Sumber : Dokumen Pribadi

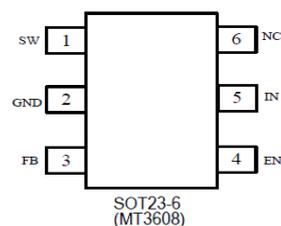
Gambar 2.25. di atas merupakan bentuk dari modul *step-up* yang akan digunakan pada perancangan *power bank* tenaga *hybrid*. Adapun spesifikasi atau karakter elektris dari masing-masing modul adalah sebagai berikut:

1. Modul *step-up* tegangan IC MT3608 :
  - a. Besar nilai tegangan *output* bersifat *adjustable* (dapat diatur).
  - b. Sistem kerja dengan kontrol PFM (*Pulse Frequency Modulation*).
  - c. Besar nilai arus *output* maksimum adalah 2 A.
  - d. Besar nilai *input* tegangan dari 2 volt sampai 24 volt.

- e. Besar nilai *output* tegangan maksimum adalah 28 volt.
  - f. Efisiensi maksimal sebesar 93%.
2. Modul *step-up* tegangan IC A7530 :
- a. Besar nilai *input* tegangan dari 0,9 volt sampai 5 volt.
  - b. Sistem kerja dengan kontrol PFM (*Pulse Frequency Modulation*).
  - c. Besar nilai *output* tegangan sebesar 5 volt.
  - d. Besar nilai arus *output* maksimum sebesar 600 mA.
  - e. Efisiensi maksimal sebesar 85%.

#### 2.1.11.1. Modul *Step-Up* Tegangan IC MT3608

IC MT3608 adalah salah satu IC yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan DC (*DC-DC converter*). IC ini dapat diaplikasikan pada penggunaan daya rendah dan bekerja dengan frekuensi konstan di nilai 1,2 MHz. IC ini bekerja dengan prinsip kontrol PFM (*Pulse Frequency Modulation*) dan terdapat fungsi *under-voltage lockout*, *current limiting*, dan *thermal overload protection* untuk mencegah kerusakan pada saat terjadi beban lebih pada *output*.



Gambar 2.26. Konfigurasi Pin IC MT3608

Sumber : Dokumen Pribadi

Seperti pada gambar 2.26 di atas, IC MT3608 terdiri dari 6 buah pin yang memiliki fungsi yang dapat dilihat pada tabel 2.12. di bawah.

Tabel 2.12. Fungsi Pin Pada IC MT3608

Pin	Nama	Fungsi
1	SW	<i>Power Switch Output</i>
2	GND	<i>Ground Pin</i>
3	FB	<i>Feedback Input</i>
4	EN	<i>Regulator On/Off Control Input</i>
5	IN	<i>Input Supply Pin</i>
6	NC	NC

IC MT3608 sendiri memiliki beberapa nilai absolut maksimum tetap yang sudah dirancang yang bisa dilihat pada tabel 2.13. di bawah ini.

Tabel 2.13. Nilai Absolut Maksimum IC MT3608

Parameter	Nilai Maksimum	Unit
<i>IN, EN voltages</i>	-0.3V to 26V	Volt
<i>Operating Temperature</i>	-40°C to +85°C	°Celcius
<i>FB Voltages</i>	-0.3V to 6V	Volt
<i>Junction Temperature</i>	160°C	°Celcius
<i>SW Voltage</i>	0.3V to 30V	Volt
<i>Storage Temperature Range</i>	-65°C to 150°C	°Celcius
<i>Peak SW Sink and Source Current</i>	4A	Volt
<i>Lead Temperature (Soldering, 10s)</i>	+300°C	°Celcius

Berikut ini penjelasan dari nilai karakteristik elektrik pada IC MT3608 yang bisa dilihat pada tabel 2.14. di bawah ini.

Tabel 2.14. Nilai Karakteristik Elektrik IC MT3608

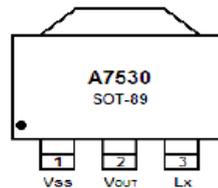
Parameter	Kondisi	Min.	Tipe	Maks.	Unit
<i>Operating Input Voltage</i>		2		24	V
<i>Under Voltage Lockout</i>				1,98	V
<i>Under Voltage Lockout Hysteresis</i>			100		mV
<i>Current (Shutdown)</i>	$V_{EN} = 0 \text{ V}$		0,1	1	$\mu\text{A}$
<i>Quiescent Current (PFM)</i>	$V_{FB} = 0.7 \text{ V}$ , <i>No switch</i>		100	200	$\mu\text{A}$
<i>Quiescent Current (PWM)</i>	$V_{FB} = 0.5 \text{ V}$ , <i>switch</i>		1,6	2,2	mA
<i>Switching Frequency</i>			1,2		MHz
<i>Maximum Duty Cycle</i>	$V_{FB} = 0 \text{ V}$	90			%

<i>EN Input High Voltage</i>		1,5			V
<i>EN Input Low Voltage</i>				0,4	V
<i>FB Voltage</i>		0,588	0,6	0,612	V

Catatan : Tabel di atas merujuk pada rangkaian uji,  $V_{IN} = V_{EN} = 5 \text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , kecuali dengan spesifikasi lainnya.

### 2.1.11.2. Modul *Step-Up* Tegangan IC A7530

IC A7530 merupakan salah satu IC yang digunakan untuk mengkonversi atau menaikkan (*step-up*) tegangan DC dengan tegangan *input* mulai dari 0,8 volt. IC ini bekerja berdasarkan prinsip kontrol CMOS-based PFM (*Pulse Frequency Modulation*). Semua fitur yang terdapat IC A7350 ini membuat IC ini dapat digunakan untuk *portable* yang diberikan sumber dari 1 sampai 4 buah baterai. IC A7530 tersedia dengan kemasan SOT-25 dan SOT-89. Pada alat ini, IC A7530 yang digunakan adalah dengan kemasan SOT-89. Bentuk dari IC A7530 dapat dilihat pada gambar 2.27. dan fungsi dari masing-masing pin IC A7530 dapat dilihat pada tabel 2.15. di bawah ini.



Gambar 2.27. Konfigurasi Pin IC A7530  
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.15. Fungsi Pin Pada IC A7530

Pin	Simbol>Nama	Fungsi
1	VSS (GND)	Tegangan <i>Input</i> ( <i>Grounding</i> )
2	VOUT	Tegangan <i>Output</i>
3	Lx (Ext)	Arus <i>Output</i>

IC MT3608 sendiri memiliki beberapa nilai absolut maksimum tetap yang sudah dirancang yang bisa dilihat pada tabel 2.16. di bawah ini.

Tabel 2.16. Nilai Absolut Maksimum IC A7530

Parameter	Nilai Maksimum	Unit
<i>Input Voltage Range</i>	0.3 V to +6 V	Volt
<i>Input Voltage: Vi (LX)</i>	0.3 V to (Vout +0.3 V)	Volt
<i>CE Pin Voltage</i>	0.3 V to (Vout +0.3 V)	Volt
<i>LX Pin Output Current Maximum</i>	0.7 A	Ampere
<i>Power Dissipation, Pd T=25oC (SOT-89)</i>	0.5 W	Watt
<i>Maximum Junction Temperature</i>	+150°C	°Celsius
<i>Operating Free-air Temperature Range</i>	-20°C to +80°C	°Celsius
<i>Storage Temperature Range</i>	-40°C to +125°C	°Celsius
<i>Lead Temperature and time</i>	260°C ,10s	°Celsius/sekon

Berikut ini penjelasan dari nilai karakteristik elektris pada IC A7530 yang bisa dilihat pada tabel 2.17. di bawah ini.

Tabel 2.17. Nilai Karakteristik Elektris IC A7530

Symbol	Parameter	Kondisi	Min.	Tip	Maks.	Unit
$V_{OUT}$	<i>Output Voltage</i>		2.450	2.5	2.55	V
			3.234	3.3	3.366	
			4.900	5.0	5.100	
$V_{IN}$	<i>Input Voltage</i>				6	V
$I_{IN}$	<i>Input Current</i>	$I_{OUT} = 0 \text{ mA}, V_{IN} = V_{OUT} \times 0.6$		12	15	$\mu\text{A}$
$V_{START}$	<i>Start-up Voltage</i>	$I_{OUT} = 1 \text{ mA}, V_{IN} = 0 \rightarrow 2 \text{ V}$		0,8	0,9	V
$V_{HOLD}$	<i>Hold-on Voltage</i>	$I_{OUT} = 1 \text{ mA}, V_{IN} = 2 \rightarrow 0 \text{ V}$	0,6	0,7		V
$I_{DD}$	<i>Quiescent Current Drawn From Power Source</i>	<i>Without external components, <math>V_{OUT} = V_{OUT} \times 1.05</math></i>		4	7	$\mu\text{A}$
$I_{LXLEAK}$	<i>LX leakage current</i>	$V_{OUT} = V_{LX} = 6\text{V}$			0,5	$\mu\text{A}$
$V_{CEH}$	<i>CE "H" threshold voltage</i>	$V_{CE}: 0 \rightarrow 2\text{V}$	0,6	0,9		V
Fosc	<i>Oscillator Frequency</i>	<i>LX on "L" side, <math>V_{OUT} = V_{OUT} \times 0.96</math></i>	300	350	400	kHz
	<i>Efficiency</i>			85		%

Catatan : Tabel di atas merujuk pada rangkaian uji,  $T_A=25^\circ\text{C}$ , kecuali dengan spesifikasi lainnya.

### 2.1.12. Baterai

Baterai adalah gabungan sel-sel yang disambung menjadi satu untuk menjadikannya sumber energi listrik yang berguna.<sup>9</sup> Pada baterai atau akumulator sebuah sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Berikut ini karakteristik berbagai macam baterai (khusus untuk *smartphone* dan *gadget*).

#### 1. NiCD (*Nickel-Cadmium Baterai/Nicad*)

Baterai jenis NiCD seperti pada gambar 2.28. di bawah, adalah baterai generasi pertama dan berkapasitas besar. Baterai NiCD memiliki *memory effect*, semakin lama kapasitasnya akan menurun jika pengisian belum kosong.



Gambar 2.28. Baterai NiCD

Sumber : Bangun Ariyanto. 2010. *Macam-Macam Baterai, Karakteristik dan Perawatannya*. (Diunduh)

<https://bangunariyanto.wordpress.com/2010/04/06/macam-macam-baterai-karakteristik-dan-perawatannya/> (Tanggal 1 Juni 2015)

#### 2. NiMH (*Nickel Metal Hydride*)

Baterai isi ulang NiMH seperti pada gambar 2.29. di bawah ini, masih memiliki *memory effect* namun hanya bersifat sementara. Jadi lebih fleksibel dibanding dengan NiCD. Sehingga untuk pengisian ulang baterai ini tidak perlu menunggu benar-benar habis.

<sup>9</sup> George Loveday, *Intisari Elektronika*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1992, hlm. 34



Gambar 2.29. Baterai NiMH

Sumber : Bangun Ariyanto. 2010. *Macam-Macam Baterai, Karakteristik dan Perawatannya*. (Diunduh)

<https://bangunariyanto.wordpress.com/2010/04/06/macam-macam-baterai-karakteristik-dan-perawatannya/> (Tanggal 1 Juni 2015)

### 3. Li-Ion (*Lithium Ion*)

Baterai *Lithium Ion* seperti pada gambar 2.30. di bawah ini merupakan salah satu jenis yang paling populer, dengan salah satu yang terbaik *energi-to-weight ratios*, tidak ada efek memori, dan lambat dalam penurunan daya jika tidak digunakan. Selain digunakan untuk peralatan elektronik, baterai *Lithium Ion* yang semakin meningkat popularitasnya juga dipergunakan untuk otomotif dan aplikasi ruang angkasa karena kepadatan energi yang tinggi.



Gambar 2.30. Baterai Li-Ion

Sumber : Bangun Ariyanto. 2010. *Macam-Macam Baterai, Karakteristik dan Perawatannya*. (Diunduh)

<https://bangunariyanto.wordpress.com/2010/04/06/macam-macam-baterai-karakteristik-dan-perawatannya/> (Tanggal 1 Juni 2015)

### 4. Li-Po (*Lithium Polymer*)

Baterai *Lithium polymer* seperti pada gambar 2.31. di bawah ini terdiri dari beberapa sel sekunder yang identik di pasang paralel untuk meningkatkan kemampuan debit saat ini. Tipe ini merupakan evolusi dari teknologi baterai *Lithium Ion*.



Gambar 2.31. Baterai Li-Po

Sumber : Bangun Ariyanto. 2010. *Macam-Macam Baterai, Karakteristik dan Perawatannya*. (Diunduh)

<https://bangunariyanto.wordpress.com/2010/04/06/macam-macam-baterai-karakteristik-dan-perawatannya/> (Tanggal 1 Juni 2015)

### 2.1.13. Resistor

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang dipergunakan untuk membatasi jumlah arus atau tegangan yang mengalir dalam satu rangkaian. Sesuai dengan namanya, resistor bersifat resistif dan biasanya komponen ini terbuat dari bahan karbon.<sup>10</sup>

Berdasarkan kelasnya, resistor dibagi menjadi 2 yaitu :

#### 1. Resistor Tetap (*Fixed Resistor*)

Resistor tetap adalah komponen yang memiliki nilai tahanan yang tetap dan tidak dapat diubah-ubah. Apabila nilai tahanannya semakin besar, maka arusnya semakin kecil. Sebaliknya, bila nilai tahanannya kecil, maka arus yang mengalir semakin besar pula.<sup>11</sup>

#### 2. Resistor Tidak Tetap (*Variable Resistor*)

Pada resistor tidak tetap, dibagi menjadi dua jenis, yaitu :<sup>12</sup>

##### a. Resistor Tidak Tetap Manual

Adalah resistor yang memiliki nilai yang dapat diubah-ubah. Contohnya adalah potensiometer dan VR (*Variable Resistor*) atau disebut juga tripot.

<sup>10</sup> Dwi Sunar Prasetyono, *Belajar Sistim Cepat Elektronika*, Absolut, Yogyakarta, 2011, hlm. 22

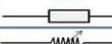
<sup>11</sup> Ibid., hlm. 23

<sup>12</sup> Ibid., hlm. 24

b. Resistor Tidak Tetap Otomat (Resistor Spesial)

Adalah resistor yang apabila terkena cahaya atau panas nilainya dapat berubah-ubah secara otomatis, contohnya adalah NTC dan LDR.

Adapun jenis dan simbol dari resistor dapat dilihat pada gambar 2.32.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Resistor (Nilai Tetap)		 atau 
Variable Resistor		 atau 
LDR (Light Depending Resistor)		 atau 
Thermistor (NTC / PTC)		 atau 

Gambar 2.32. Jenis dan Simbol Resistor

Sumber : Dickson. 2014. Jenis-jenis Komponen Elektronika beserta Fungsi dan Simbolnya. (Diunduh)

<http://teknikelektronika.com/jenis-jenis-komponen-elektronika-beserta-fungsi-dan-simbolnya/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

Resistor memiliki gelang-gelang warna sebagai petunjuk nilai hambatannya. Sehingga terdapat rumus tertentu untuk menghitung kode gelang warna pada resistor tersebut dan biasanya terdapat 4 atau 5 gelang warna. Gambar 2.33. di bawah ini adalah tabel kode warna gelang yang terdapat di tubuh resistor.

Warna	Nilai	Toleransi
 Hitam	0	
 Cokelat	1	1%
 Merah	2	2%
 Orange	3	
 Kuning	4	
 Hijau	5	0,5%
 Biru	6	0,25%
 Ungu	7	0,10%
 Abu-abu	8	0,05%
 Putih	9	
 Emas		5%
 Perak		10%
 Tanpa Warna		20%

Gambar 2.33. Tabel Kode Warna Pada Gelang Resistor

Sumber : mas putz. 2015. Cara Menghitung Warna pada Resistor. (Diunduh)  
<http://www.masputz.com/2015/05/cara-menghitung-warna-pada-resistor-4.html/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

Berikut ini adalah cara menghitung resistor dengan 4 dan 5 warna gelang.

a. Resistor dengan 4 warna gelang

Untuk resistor yang memiliki 4 gelang cara menghitungnya adalah :

- Gelang pertama sebagai nilai pertama
- Gelang kedua sebagai nilai kedua
- Gelang ketiga sebagai penambah jumlah nol
- Gelang keempat sebagai toleransi

Misalnya sebuah resistor memiliki gelang cokelat, hitam, merah dan emas, maka nilainya adalah :

Cokelat = 1

Hitam = 0

Merah = 2 (Nolnya sebanyak 2)

Emas = 5%

Jadi Resistor tersebut memiliki nilai 1000 Ohm atau 1 kilo Ohm.

b. Resistor dengan 5 warna gelang

Untuk resistor yang memiliki 5 gelang cara menghitungnya adalah :

- Gelang pertama adalah nilai pertama
- Gelang kedua adalah nilai kedua
- Gelang ketiga adalah nilai ketiga
- Kelang keempat adalah jumlah nol
- Gelang kelima sebagai toleransi.

Misalnya sebuah resistor memiliki warna gelang cokelat, hitam, hitam, orange dan cokelat, maka nilainya adalah :

Cokelat = 1

Hitam = 0

Hitam = 0

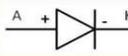
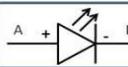
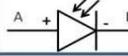
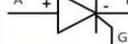
Orange = 3 (Banyaknya nol)

Cokelat = 1%

Jadi resistor tersebut memiliki nilai 100.000 Ohm atau 100 kilo Ohm.

### 2.1.14. Dioda

Dioda yang memiliki lambang “D” ialah suatu komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor yang saling dipertemukan. Dioda ini pada dasarnya merupakan tahanan arus searah, karenanya hanya dapat melakukan arus listrik dengan satu arah saja, tidak melakukan arus pada arah sebaliknya.<sup>13</sup> Dioda sendiri dibuat dari bahan yang disebut P-N *Junction* yaitu suatu bahan campuran yang terdiri dari bahan positif (tipe P) dan bahan negatif (tipe N). Jenis dan simbol dioda dapat dilihat pada gambar 2.34. di bawah ini.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Dioda Penyearah		
Dioda Zener		
LED (Light Emitting Diode)		
Dioda Foto (Photo Diode)		
SCR (Silicon Control Rectifier)		
Dioda Laser (Laser Diode)		

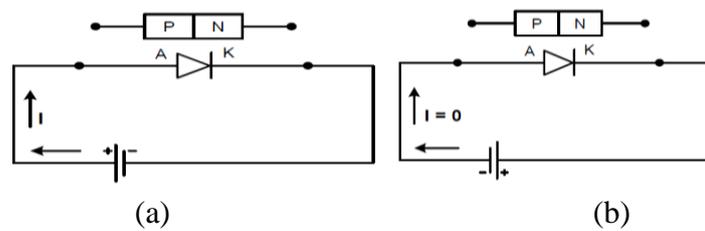
Gambar 2.34. Jenis dan Simbol Dioda

Sumber : Dickson, 2014. Jenis-jenis Komponen Elektronika beserta Fungsi dan Simbolnya. (Diunduh)

<http://teknikelektronika.com/jenis-jenis-komponen-elektronika-beserta-fungsi-dan-simbolnya/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

<sup>13</sup> Ibid., hlm 36

Diode memiliki dua elektroda (kaki), yaitu anoda dan katoda. Jika P (anoda) diberi tegangan positif dan N (katoda) diberi tegangan negatif, maka pemberian tegangan ini disebut bias maju. Sebaliknya, bila P (anoda) diberi tegangan negatif dan N (katoda) diberi tegangan positif, maka pemberian tegangan ini disebut bias mundur. Skema dioda saat bias maju dan mundur dapat dilihat pada gambar 2.35.



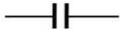
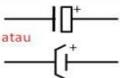
Gambar 2.35. Skema Dioda Saat Bias Maju (a) dan Bias Mundur (b)  
Sumber : Dokumen Pribadi

### 2.1.15. Kapasitor

Dalam bidang elektronika kapasitor juga disebut kondensator sama juga halnya dengan resistor. Kapasitor termasuk komponen pasif. Fungsi dari kapasitor adalah untuk menyimpan arus listrik untuk sementara waktu.<sup>14</sup>

Kapasitor atau kondensator memiliki struktur yang terbuat dari plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik, misalnya keramik. Apabila 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. Dengan demikian, muatan elektrik ini “tersimpan” selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Adapun jenis dan simbol kapasitor dapat dilihat pada gambar 2.36.

<sup>14</sup> Dedi Rusmadi, *Belajar Rangkaian Elektronika Tanpa Guru*, DelFajar Utama, Bandung, 2007, hlm. 17

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Biasa (Non-Polaritas)		
Kapasitor Elektrolit (memiliki Polaritas)		 atau
Kapasitor Variabel (Variable Capacitor)		

Gambar 2.36. Jenis dan Simbol Kapasitor

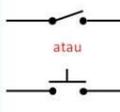
Sumber: Dickson. 2014. Jenis-jenis Komponen Elektronika beserta Fungsi dan Simbolnya.  
(Diunduh)

<http://teknikelektronika.com/jenis-jenis-komponen-elektronika-beserta-fungsi-dan-simbolnya/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

### 2.1.16. Saklar

Saklar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau untuk menghubungkan jaringan listrik. Saklar pada dasarnya merupakan alat penyambung atau pemutus aliran listrik. Selain untuk jaringan listrik arus kuat, saklar bentuk kecil juga dipakai untuk alat komponen elektronika arus lemah.<sup>15</sup>

Secara sederhana, saklar yang seperti pada gambar 2.37. di bawah, terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan dapat terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (*on*) atau putus (*off*) dalam rangkaian itu. Material kontak sambungan umumnya dipilih agar tahan korosi.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Saklar (Switch)		 atau

Gambar 2.37. Jenis dan Simbol Saklar

Sumber: Dickson. 2014. Jenis-jenis Komponen Elektronika beserta Fungsi dan Simbolnya.  
(Diunduh)

<http://teknikelektronika.com/jenis-jenis-komponen-elektronika-beserta-fungsi-dan-simbolnya/>  
(Tanggal 1 Juni 2015)

<sup>15</sup> Prihono, dkk., Jago Elektronika Secara Otodidak, Kawan Pustaka, Jakarta, 2009, hlm. 27

### 2.1.17. Perhitungan Jumlah Panel Surya dan Konversi Energi Panel Surya

Perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan ukuran, jumlah sel surya dan baterai untuk sistem energi matahari dengan kapasitas baterai 10,2 AH. Langkah-langkah perancangan panel surya adalah sebagai berikut :

#### 1. Menentukan Susunan Modul Optimum Untuk Panel Surya

Penyusunan optimum adalah cara yang akan menentukan kebutuhan tegangan dan arus total panel dengan jumlah modul seminimum mungkin yang menyediakan nilai arus panel maksimal yang bisa dihasilkan dengan tegangan tetap.

- a. Jumlah modul sel surya yang tersusun seri ditentukan oleh persamaan :

$$J_S = \frac{V_{sistem}}{V_{MF}} \quad (2.3.)$$

- b. Jumlah modul sel surya yang tersusun paralel ditentukan oleh persamaan:

$$J_P = \frac{P}{V_{SISTEM} \times I_{SISTEM}} \quad (2.4.)$$

Dimana :

- $J_S$  = Jumlah seri modul sel surya
- $V_{OC}$  = Tegangan maksimum sistem modul surya (volt)
- $J_P$  = Jumlah rangkaian paralel modul sel surya
- $P$  = Daya panel surya (watt)
- $I_{SC}$  = Arus maksimum modul surya (ampere)
- $V_{MF}$  = Tegangan maksimum sel surya (volt)

#### 2. Menentukan Kapasitas Energi Sel Surya

Kapasitas energi adalah kemampuan suatu materi untuk melakukan kerja. Besarnya energi cahaya yang dapat diserap oleh sel surya bergantung terhadap besarnya energi foton dari sumber cahaya. Besarnya cahaya yang dapat diserap oleh sel surya adalah sebagai berikut :

$$E = h \times f \quad (2.5.)$$

Intensitas cahaya menentukan besarnya daya yang dapat diserap oleh sel surya. Besarnya intensitas cahaya matahari akibat *irradiance* matahari pada waktu cahaya maksimal (siang hari) adalah sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$ . Adapun persamaan daya *input* sel surya adalah :

$$P_{in} = J \times A \quad (2.6.)$$

Dimana :  $P_{in}$  = Daya *input* sel surya akibat *irradiance* matahari (watt)  
 $J$  = Intensitas cahaya ( $1000 \text{ W/m}^2$ )  
 $A$  = Luas permukaan sel surya ( $\text{m}^2$ )

Sedangkan besarnya daya *output* maksimal sel surya adalah sebagai berikut :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2.7.)$$

Dimana :  $P_{out}$  = Daya *output* maksimal yang dibangkitkan sel surya (watt)  
 $V_{oc}$  = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)  
 $I_{sc}$  = Arus hubungan singkat pada sel surya (ampere)  
 $FF$  = *Fill Factor* (0,72)

Adapun besar energi total yang diserap sel surya ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$P = V_{SISTEM} \times I_{SISTEM} \times t \quad (2.8.)$$

Dimana :  $P$  = Kapasitas Energi Total (Wh)  
 $V_{SISTEM}$  = Tegangan Sel Surya (volt)  
 $I_{SISTEM}$  = Arus Sel Surya (ampere)  
 $t$  = Waktu (jam)

Rumus kapasitas energi per satuan luas pada panel surya ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$P = \frac{V_{SISTEM} \times I_{SISTEM} \times t}{A} \quad (2.6.)$$

Dimana :	$P$	= Kapasitas Energi Total (Wh/m <sup>2</sup> )
	$V_{SISTEM}$	= Tegangan Sel Surya (volt)
	$I_{SISTEM}$	= Arus Sel Surya (ampere)
	A	= Luas Permukaan Sel Surya (m <sup>2</sup> )

### 3. Menentukan Jam Matahari Ekuivalen

Matahari ekuivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta insolasi matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex (Solarex, 1996). Berdasarkan peta insolasi matahari dunia, diperoleh ESH wilayah khatulistiwa yaitu 5 jam.

## 2.2. Kerangka Berfikir

Pembuatan *power bank* tenaga *hybrid* ini dimaksudkan untuk menutupi kekurangan dari *power bank* yang sudah ada, yaitu proses pengisiannya yang sudah tidak bergantung pada sumber listrik PLN, melainkan sudah dapat memanfaatkan sumber listrik yang dihasilkan dari sel surya. Selain itu, banyak *power bank* di pasaran yang masih memiliki beberapa kekurangan, antara lain yaitu daya atau energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya pada *power bank* tenaga surya masih bernilai kecil karena hanya menggunakan satu panel surya, tidak adanya rangkaian *IC Protection* untuk mengamankan baterai *power bank* itu sendiri, penggunaan baterai yang tidak dapat diganti secara mudah apabila umur baterai sudah habis, serta informasi yang kurang akurat bagi pengguna *power bank* untuk mengetahui kapasitas baterai *power bank* karena hanya menggunakan indikator berupa LED.

Dalam perencanaan pembuatan *power bank* tenaga *hybrid* ini menggunakan 2 sumber catu daya, yaitu sumber listrik dari *power supply* (listrik PLN) dan sumber listrik dari sel surya. Namun yang menjadi fokus dalam pembuatan *power bank* ini adalah pengisian baterai *power bank* menggunakan sumber dari sel surya.

Rangkaian elektronika yang digunakan pada *power bank* tenaga *hybrid* ini terdiri dari rangkaian regulator tegangan sel surya, rangkaian *switch* tegangan, rangkaian modul *charger*, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor arus ACS712 5A, rangkaian modul *step-up* tegangan, dan rangkaian mikrokontroler ATmega 8 dengan *output* berupa LCD. Rangkaian regulator tegangan sel surya dengan memanfaatkan IC LM7805 digunakan untuk menurunkan tegangan *input* sel surya. Rangkaian *switch* tegangan digunakan sebagai pengaman arus balik ke sel surya dan berfungsi untuk mengatur sumber catu daya utama yang akan digunakan, yaitu dari sumber listrik PLN dan sumber sel surya. Rangkaian *charger* atau pengisi baterai pada perancangan alat ini menggunakan modul *charger* yang terdiri dari 3 buah IC, yaitu IC TP4056, IC 82015A dan IC DW01A. Fungsi dari IC TP4056 yaitu digunakan sebagai regulator atau penstabil tegangan *input* dari kedua sumber yang digunakan. Selain itu, IC ini digunakan untuk mencegah baterai *power bank* dari kerusakan karena *overcharge* pada saat pengisian baterai, yaitu dengan besar tegangan maksimum sebesar 4,2 volt. Fungsi IC 8205A digunakan sebagai MOSFET yaitu untuk penggunaan saklar elektronik pada rangkaian *charger*. Kemudian, fungsi dari IC DW01A digunakan sebagai proteksi baterai *power bank* dari kerusakan karena *overdischarge* pada saat *power bank* digunakan untuk melayani beban baterai *smartphone* atau *gadget* lainnya, yaitu dengan besar tegangan minimum baterai ketika *discharge* sebesar 2,5 volt.

Selama pengisian dan pengosongan baterai *power bank* sedang berlangsung, besarnya nilai tegangan baterai, serta besar tegangan dan arus *input* dari sel surya yang mengisi baterai *power bank* akan bisa dipantau oleh layar LCD dengan menggunakan IC mikrokontroler ATmega 8 sebagai otak pengatur rangkaiannya.

Rangkaian yang digunakan untuk mengetahui besar level tegangan digunakan sensor tegangan dengan rangkaian pembagi tegangan menggunakan resistor. Kemudian, untuk mengetahui besar nilai *input* arus sel surya digunakan sensor arus ACS712 dengan spesifikasi 5 A. Selain itu, *power bank* ini menggunakan rangkaian modul *step-up* tegangan ke 5 volt dengan IC A7530 yang berfungsi sebagai sumber tegangan untuk sensor arus ACS712 5A, mikrokontroler ATmega 8, dan LCD. Kemudian, *power bank* ini juga menggunakan rangkaian modul *step-up* tegangan ke 5 volt dengan IC MT3608 yang dihubungkan dengan USB *out* yang berfungsi supaya *output* tegangan yang dihasilkan baterai *power bank* tenaga *hybrid* nanti dapat digunakan untuk mengisi baterai *smartphone* atau *gadget* lainnya.

Rancangan pembuatan *power bank* tenaga *hybrid* yang dilakukan dalam kegiatan penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen dan pengujian alat yang dilakukan langsung di lapangan.