

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pengerjaan tugas akhir dibutuhkan beberapa referensi dan teori penunjang yang nantinya akan digunakan sebagai bahan acuan dalam rancang bangun *solar cell tracker sun dual axis* untuk peningkatan efisiensi panel surya menggunakan arduino, yang melandasi sebagai acuan penyelesaian dan permasalahan pada tugas akhir ini. Berikut adalah beberapa perbedaan penunjang tersebut :

2.1 Kajian Jurnal

Tabel 2.1 Acuan Referensi Tugas Akhir terdahulu

No	Nama	Perbedaan	Kesimpulan
1	Gusti Bagus Ardina, (2019). Rancang bangun <i>dual axis solar tracker</i> pembangkit listrik tenaga surya berbasis mikrokontroler arduino uno. Seminar hasil elektro ITN Malang [11].	Model rancang bangun atau <i>prototype</i> yang berbeda, mode manual menggunakan RTC (<i>real time clock</i>)	Di karenakan menggunakan panel surya yang ukurannya lebih kecil rancang bangun atau <i>prototype</i> yang digunakan akan berbeda , dan perbedaan alat

			pada mode manual
2	Wahyu Kusuma Raharja, Kennedy (2019). Optimalisasi Daya Sistem Sel Surya Menggunakan Solar <i>Tracker</i> Dual Axis. Jurnal Ilmiah Komputasi Vol. 18, No.01 [12].	Pada penggerak <i>dual axis</i> terdapat perbedaan menggunakan motor DC	Untuk penggerak menggunakan motor DC
3	Luffi Izzati Aini, (2017). Perancangan mobile active two <i>axis</i> solar tracker pada <i>photovoltaic</i> menggunakan kendali logika fuzzy-pi. Tugas akhir TF 11581 [13].	menggunakan software MATLAB dan belum sampai tahapan pembuatan <i>prototype</i> , Aktuator yang digunakan yaitu motor DC	Penggunaan metode yang berbeda yaitu dengan metode logika Fuzzy-PI, dan menggunakan motor DC

4	M. Novaldan Lazuardi (2018), Perancangan solar tracker <i>system dual axis</i> menggunakan lensa Fresnel sebagai konsentrator berbasis mikrokontroler Arduino mega 2560 [14] .	menggunakan motor servo jenis MG995 , Mikrokontroler Arduino Mega 2560.	Penggerak panel surya menggunakan motor servo jenis MG995, Mikrokontroler yang digunakan merupakan Arduino Mega 2560.
5	Wayan Sutaya, Ketut Udy Ariawan (2016), Solar tracker cerdas dan murah berbasis mikrokontroler 8 bit atmega8535. Jurnal sains dan teknologi Vol. 05, No. 01 [15].	Menggunakan mikrokontroler 8 bit Atmega 8535	Menggunakan mikrokontroler 8 bit Atmega 8535

Dalam tugas akhir terdapat perbedaan yang sangat mendasar dari 5 acuan/teori diatas, saya akan menggunakan 4 buah solar panel dengan spesifikasi :

Tegangan maksimum : 6 Volt

Daya maksimum : 1 Watt

Arus saat maksimum : 0-200 mA

Dengan ukuran : 11cm x 6cm x 0,25cm

Untuk *photoresistor* (LDR) dalam acuan referensi terdapat kesamaan jumlah dan fungsi yang sama yaitu sebagai input sensor penggerak dari servo, dalam penempatannya juga dalam 5 acuan ada yang berbeda dan ada yang sama yaitu disisi tiap solar panel dengan di tengah penempatan solar panel, jika penempatan berbeda maka coding juga akan berbeda karena letak LDR tersebut sebagai input penggerak servo, untuk penggerak kiri kanan dan bawah atas (*dual axis*) terdapat perbedaan dan kesamaan yaitu menggunakan motor DC dan menggunakan servo, dengan tujuan hasil yang lebih optimal diharapkan pada analisa daya menggunakan AVO meter yang akan diperoleh dari panel surya diharapkan lebih optimal dibandingkan dengan mode manual yang hanya menghadap ke salah satu sisi saja.

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komputer mini dalam bentuk sebuah chip IC (*Integrated Circuit*) yang dirancang melakukan tugas dan operasi tertentu. Pada umumnya, sebuah IC Mikrokontroler terbagi menjadi satu atau lebih dari Inti Prosesor (CPU) dan Memori (RAM,ROM) dan juga perangkat I/O (*Input dan Output*) yang bisa diprogram.

Dalam penggunaannya, *Microcontroller* atau pengendali Mikro ini biasa digunakan pada perangkat yang fungsikan secara otomatis, contoh, peralatan listrik, sistem kontrol sebuah mesin mobil, perangkat rumah sakit (medis), mesin, pengendali jarak jauh, mainan, dan perangkat - perangkat yang menggunakan sebuah sistem tertanam lainnya [16].

2.2.1 Kelebihan dan kekurangan pada mikrokontroler

Adapun keunggulan dan kelebihan pada mikrokontroler :

- Mikrokontroler sebagai mikrokomputer yang tanpa harus ada sebuah komponen digital tambahan lainnya.
- Dapat juga mengurangi biaya karena ukuran dari sistem integrasi yang lengkap pada sebuah mikrokontroler.
- Penggunaan pada mikrokontroler yang mudah dan sederhana untuk memecahkan masalah pada pemeliharaan sistem.
- Sebagian besar setiap dari pin bisa diprogram pengguna untuk melakukan beberapa fungsi.

Kekurangan pada Mikrokontroler :

- Mikrokontroler memiliki sebuah arsitektur yang lebih kompleks dibandingkan mikroprosesor.
- Hanya bisa melakukan eksekusi dalam jumlah terbatas dalam kurung waktu yang bersamaan.
- Biasanya hanya dipakai dalam peralatan - peralatan mikro saja.
- Tidak bisa terhubung secara langsung pada perangkat yang berdaya tinggi.



Gambar 2.1 Mikrokontroler [16] .

2.2.2 Mikrokontroler AVR ATmega328P

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegaard's Risc Processor*) ATmega328P adalah seri dari mikrokontroler *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) 8-bit buatan Atmel yang berbasis arsitektur, RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Semua instruksi pada program dieksekusi pada satu siklus *clock*. ATmega328P mempunyai 8 *Kbyte in-System Programmable Flash* yang dapat untuk diprogram ulang (*read/write*) dengan koneksi secara serial (*Serial Peripheral Interface*) (SPI) [17].

2.3 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan salah pengembangan mikrokontroler yang berukuran mini, kompleks dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino Nano dibuat dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih berfungsi sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi, dalam paket yang berbeda. Di arduino nano tidak menyertakan colokan DC bertipe Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh sebuah perusahaan Gravitech [18].



Gambar 2.2 Arduino Nano [18].

2.4 Arduino IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan *software* aplikasi yang dipakai untuk memprogram sebuah arduino, jadi Arduino IDE merupakan sebuah media untuk memprogram sebuah *board* Arduino.

Arduino IDE ini berfungsi sebagai *text editor* untuk mengedit, membuat, dan juga untuk mevalidasi sebuah kode program. Kode program yang dipakai pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “*sketch*” atau juga disebut *source code* arduino, dengan sebuah ekstensi file *source code* .ino [19].

2.4.1 Bagian-bagian Arduino IDE

- **Verify** atau biasa disebut dengan istilah *compile*. Proses *verify* atau *compile* adalah mengubah *sketch* ke *binary code* lalu akan di-*upload* lalu diteruskan ke *mikrokontroller*.
- **Upload** digunakan untuk mengupload sebuah *sketch* program ke *board* Arduino.
- **New Sketch** berfungsi untuk membuka *window* baru dan membuat *sketch* baru.
- **Open Sketch** berfungsi untuk membuka *sketch* yang sudah pernah disimpan atau dibuat. *Sketch* yang dibuat dengan IDE Arduino disimpan dengan ekstensi file .ino
- **Save Sketch** berfungsi menyimpan sebuah *sketch*, tapi tidak dengan mengompile file tersebut.

- **Serial Monitor** berfungsi untuk membuka *interface* untuk komunikasi serial.
- **Keterangan Aplikasi** berfungsi untuk pesan - pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul disini, seperti *Compiling* atau *Done Uploading* sebuah *sketch* ke *board* Arduino
- **Konsol log** berfungsi untuk pesan - pesan yang dilakukan aplikasi dan pesan - pesan pada *sketch*. Seperti, maka akan terdapat informasi *error* dan baris *error* akan diinformasikan dibagian ini jika saat aplikasi mengcompile atau saat ada kesalahan pada *sketch* yang dibuat.
- **Baris Sketch** berfungsi untuk menunjukkan posisi pada baris kursor saat sedang aktif pada *sketch*.
- **Informasi Board dan Port** berfungsi untuk menginformasikan port yang digunakan saat itu pada *board* Arduino.

2.4.2 Sketch Arduino

Pada *software* atau aplikasi arduino bahasa pemrograman yang dipakai merupakan bahasa C atau C++. Program di Arduino terdapat 3 bagian utama yaitu :



```

sketch_jan01a $
int ledPin = 13;

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, LOW);
}

```

Gambar 2.3 Tampilan Sketch Arduino IDE [19] .

1. **Structure** adalah struktur kode yang ada pada arduino berisi fungsi setup() dan loop().
 - a. Setup()

Fungsi setup ini dipanggil yang pertama kali atau awal saat menjalankan sebuah sketch. Fungsi ini dijalankan sekali saat board dinyalakan atau di reset.
 - b. Loop ()

Memiliki fungsi sesuai dengan namanya yaitu fungsi ini akan melakukan perulangan yang berturut - turut.
2. **Values** adalah berisi variable atau konstanta sesuai dengan type data yang didukung oleh Arduino.
3. **Function** adalah Segmentasi kode ke fungsi yang memungkinkan programmer untuk membuat sebuah potongan - potongan modular kode yang melakukan tugas yang akan terdefinisi dan kemudian kembali lagi ke asal kode dari mana fungsi itu “dipanggil”.

2.5 Panel Surya (*Solar cell*)

Panel Surya merupakan suatu komponen yang bisa digunakan untuk merubah sebuah energi dari cahaya matahari menjadi sebuah energi listrik dengan menggunakan cara prinsip efek *photovoltaic*. Efek photovoltaic itu merupakan sebuah fenomena yang dimana muncul sebuah tegangan listrik karena adanya suatu kontak atau hubungan pada dua elektroda, dimana keduanya ini dihubungkan dengan sebuah sistem padatan atau sistem cairan saat mendapatkan sebuah energi cahaya.

Pada umumnya, solar panel ini merupakan sebuah dioda foto yang mempunyai permukaan yang lumayan sangat besar. Permukaan pada *solar cell* yang luas mampu menjadikan perangkat solar panel lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan juga akan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari pada dioda foto lainnya. Contohnya, sebuah solar panel yang terbuat dari semikonduktor silikon saat cahaya matahari mengenai, solar panel mampu menghasilkan sebuah tegangan sebesar 0,5V dan arus sebesar 0,1A.

Beberapa hal yang bisa mempengaruhi performa pada solar panel meliputi suhu atau temperatur, bahan pembuatnya, resistansi beban dan intensitas cahaya matahari [20].



Gambar 2.4 Panel Surya [20].

2.5.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Foton adalah partikel kecil yang tersusun dari sinar matahari. Ketika mengenai sinar matahari, foton partikel dari sinar matahari tersebut akan menabrak atom semikonduktor silikon solar panel, sehingga akan menimbulkan sebuah energi yang lumayan besar untuk dapat memisahkan elektron pada struktur atomnya.

Elektron yang terpisah yang bermuatan negatif akan menuju ke daerah konduksi pada material semikonduktor. Saat sebuah atom yang kehilangan elektron, maka terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan itu disebut hole. *Hole* ini bermuatan yang positif.

Jika terdapat sebuah elektron bebas bersifat negatif, maka akan berperan menjadi pendonor sebuah elektron, biasa dipanggil juga dengan semikonduktor tipe-n. Sedangkan daerah semikonduktor dengan sebuah *hole* yang bermuatan positif, juga bertindak sebagai penerima elektron disebut dengan semikonduktor tipe-p.

Pada daerah positif dan negatif, atau yang bisa disebut dengan PN *Junction*, akan muncul sebuah energi yang mendorong elektron dan *hole* untuk menuju ke arah berlawanan. Elektron akan menuju menjauh ke daerah negatif, karena elektron bermuatan negatif. Sedangkan *hole* akan menuju menjauh ke daerah positif.

Ketika diberikan sebuah beban lampu atau sebuah perangkat listrik lainnya di antara PN *Junction* ini, maka akan menimbulkan sebuah arus listrik yang nantinya akan bisa dimanfaatkan [20].

2.5.2 Jenis Solar Panel

A. *Mono-crystalline* (Si)

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silicon dalam bentuk bujur. Sekarang *mono-crystalline* dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24% [21].

B. *Poly-crystalline/Multi-crystalline* (Si)

Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibanding dengan sel *polycrystalline* (efektivitas 18%), tetapi biaya lebih murah [21] .

C. *Poly-crystalline/Multi-crystalline* (Si)

Sel Film Tipis Jenis ini yang ditemukan di pasaran. *Copper indium diselenide* ($CuInSe_2$ atau *CIS*), *cadmium telluride* ($CdTe$), dan *gallium arsenide* ($GaAs$) semua adalah jenis Sel Film Tipis [21] .

2.6 Sensor

Sensor merupakan perangkat yang biasa digunakan untuk mendeteksi sebuah perubahan besaran fisik seperti gaya, tekanan, besaran, cahaya, listrik, suhu, gerakan, kecepatan, kelembaban, dan fenomena-fenomena lingkungan lainnya. Setelah mengamati terjadinya sebuah perubahan, *input* yang terdeteksi akan dikonversi mejadi sebuah *output* yang bisa dimengerti oleh manusia baik melalui perangkat sensor itu sendiri atau bahkan ditransmisikan secara elektronik lewat sebuah jaringan untuk ditampilkan ataupun diolah menjadi informasi yang bermanfaat bagi penggunanya.

Sensor pada dasarnya bisa digolongkan sebagai Transduser *input* karena bisa mengubah energi fisik seperti cahaya, gerakan, tekanan, suhu dan energi fisik lainnya menjadi sebuah sinyal listrik atau resistansi (yang

kemudian dikonversikan lagi ke sebuah tegangan ataupun sinyal listrik) [22].

2.6.1 Relay

Relay merupakan sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai sakelar elektrik. Relay akan berfungsi dengan adanya arus listrik. Dengan adanya relay akan membuat komponen dapat mengendalikan sebuah arus listrik yang besar. Selain itu juga relay merupakan salah satu bagian komponen elektronika yang bisa mengimplementasikan *logical switching* [23].



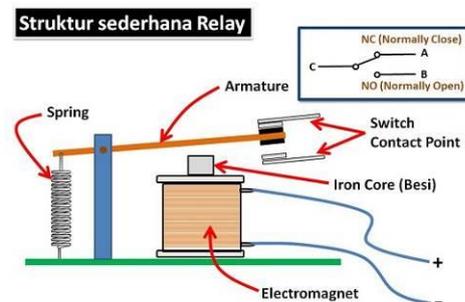
Gambar 2.5 Relay [23].

2.6.2 Fungsi Relay

Berikut fungsi relay yang perlu diketahui:

- Bisa mengendalikan sirkuit dengan sebuah arus listrik yang besar dengan menggunakan bantuan sinyal tegangan yang rendah.
- Dapat memberikan (*Time Delay Function*) penundaan waktu.
- Bisa menjalankan (*Logic Function*) fungsi logika seperti manusia.
- Dapat melindungi rangkaian atau sakelar elektronik lainnya dari terjadinya kelebihan arus listrik atau korsleting.

2.6.3 Cara Kerja Relay



Gambar 2.6 Struktur sederhana relay [23].

Agar relay dapat bisa beroperasi dan berkerja pada sebuah sakelar, terjadi proses aktivitas pada komponen – komponen yang ada didalamnya, berikut penjelasan dari prinsip kerja pada relay :

- Berdasarkan rangkaian, ada sebuah besi (*iron core*) yang dililitkan pada sebuah *coil* (electromagnet) yang bisa berguna untuk mengendalikannya.
- Sebelumnya, *switch contact point* berada pada posisi terputus atau *normally close* pada arus listrik.
- Dan jika *coil* diberikan sebuah arus listrik, maka akan terjadi timbul gaya elektromagnetik yang bisa menarik armature untuk merubah *switch contact point*.
- Jadi, saat ini *switch contact point* berada pada diposisi *normally open* sehingga sekarang bisa menghantarkan arus listrik.
- Dan jika *coil* tersebut sudah tidak dialiri sebuah arus listrik, maka armature akan kembali lagi ke posisi *normally close*.

- Pada umumnya, *coil* yang dipakai oleh relay untuk mengubah *switch contact point* ke posisi NC hanya membutuhkan arus listrik yang kecil.

2.7 Photoresistor (LDR)

Photoresistor atau biasa disebut dengan LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah suatu komponen yang sensitif pada cahaya. Ketika cahaya mengenai di atasnya maka terjadi perubahan resistensi, nilai resistansi menurun ketika mendapat tingkat cahaya meningkat.

Nilai resistansi suatu LDR atau Photoresistor biasanya menjadi beberapa megaohm dalam keadaan gelap dan kemudian turun hingga beberapa ratus ohm jika dalam keadaan cahaya terang. Sensitivitas dari resistor tergantung pada cahaya atau photoresistor bervariasi dengan panjang gelombang cahaya yang terjadi.

LDR dibuat dari bahan semikonduktor agar dapat memiliki sifat peka terhadap cahaya. Banyak bahan yang bisa digunakan, tetapi satu bahan populer untuk photoresistor ini yaitu *cadmium sulfida*, *CdS*, walaupun penggunaan sel-sel saat ini dibatasi di Eropa karena masalah dengan lingkungan karena penggunaan kadmium.

Walaupun bahan semikonduktor yang digunakan untuk photoresistor, mereka murni perangkat pasif karena mereka tidak memiliki sebuah persimpangan PN, dan ini memisahkan dari photodetektor lain meliputi photodiode dan phototransistor [24].



Gambar 2.7 Sensor LDR [24].

2.8 Servo

Motor Servo merupakan motor listrik dengan menggunakan sistem *closed loop*. Sistem tersebut digunakan untuk mengendalikan akselerasi dan kecepatan pada sebuah motor listrik dengan keakuratan yang tinggi.

Selain itu, motor servo biasa digunakan untuk mengubah sebuah energi listrik menjadi mekanik melalui interaksi dari 2 medan magnet permanent.



Gambar 2.8 Servo [25]

Pada dasarnya terdapat 3 komponen utama pada servo :

- Motor
- Sistem kontrol
- Encoder atau potensiometer.

Motor memiliki fungsi sebagai penggerak roda gigi agar bisa memutar potensiometer dan poros *output*-nya secara bersamaan.

Encoder atau potensiometer berfungsi sebagai sensor yang akan memberikan sebuah sinyal umpan balik menuju sistem kontrol untuk menentukan posisi dari targetnya.

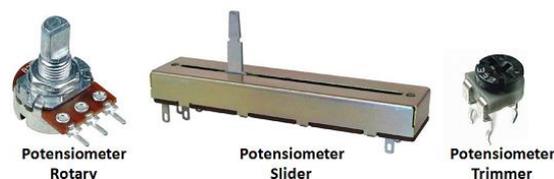
Pada umumnya potensiometer yang ada pada motor servo digunakan dalam pengaplikasian sederhana contoh mobil remote kontrol. Sedangkan encoder bisa diaplikasikan seperti pada motor servo industri.

Putaran akan otomatis berhenti jika pada sistem kontrol mendeteksi posisi target pada motor servo sudah benar.

Tapi, kalau posisi target dari sudutnya belum benar maka motor servo akan terus diubah posisinya sampai benar [25].

2.9 Potensiometer

Potensiometer (POT) merupakan beberapa jenis resistor yang nilai resistansinya bisa diatur sesuai dengan kebutuhan pada rangkaian atau pemakainya. Potensiometer juga merupakan resistor yang tergolong dalam kategori variable resistor. Secara struktur, potensiometer terbagi dari tiga kaki terminal dengan sebuah tuas atau shaft yang berguna sebagai pengaturnya [26].



Gambar 2.9 Potensio [26].

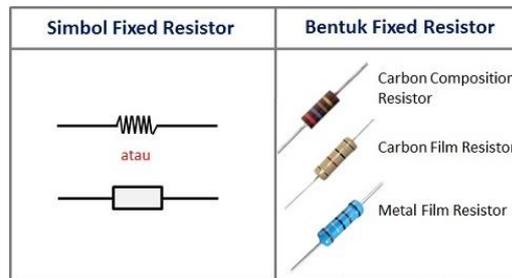
2.9.1 Cara Kerja Potensiometer

Sebuah POT (potensiometer) terbagi dari sebuah elemen resistif yang membentuk sebuah jalur (*track*) dengan terminal di kedua ujungnya. Untuk terminal lainnya (yang biasanya berada di tengah) adalah penyapu atau (*Wiper*) yang biasa digunakan untuk menentukan pergerakan pada jalur elemen resistif atau (*Resistive*). Pergerakan penyapu atau (*Wiper*) pada sebuah jalur elemen resistif ini yang akan mengatur naik dan turunnya nilai resistansi dari potensiometer.

Elemen resistif yang ada pada potensiometer umumnya terbuat dari bahan campuran logam (*metal*) dan bahan karbon (*carbon*) atau keramik [26].

2.10 Resistor

Resistor merupakan komponen elektronika pasif yang mempunyai nilai hambatan atau resistansi tertentu yang berguna untuk mengatur dan membatasi arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Tahanan atau biasa disebut dengan resistor atau hambatan dan biasa disingkat dengan huruf "R". Satuan hambatan atau resistansi resistor merupakan OHM (Ω). Sebutan "OHM" ini juga diambil dari nama penemunya yakni *Georg Simon Ohm* seorang fisikawan berasal dari negara Eropa yaitu Jerman. Untuk mengatur dan membatasi sebuah arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika, resistor juga bekerja berdasarkan hukum Ohm [27].



Gambar 2.10 Bentuk dan simbol fixed Resistor [27].

2.11 *Power Supply*

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan catu daya merupakan suatu alat listrik yang bisa menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik maupun elektronika lainnya. Pada umumnya catu daya atau *power supply* ini memerlukan sebuah sumber energi listrik lalu kemudian akan merubahnya menjadi sebuah energi listrik yang dibutuhkan oleh sebuah perangkat elektronika lainnya. Maka dari itu, *power supply* juga biasanya disebut juga dengan *electric power converter* [28].

2.12 **Baterai**

Baterai (*Battery*) merupakan alat yang bisa mengubah sebuah energi kimia yang disimpannya menjadi sebuah energi listrik yang bisa digunakan pada suatu perangkat Elektronik. Pada kehidupan kita sehari - hari, kita biasa menjumpai dua tipe baterai yaitu baterai yang hanya bisa dipakai satu kali saja (sekali pakai) dan ada juga baterai yang bisa *charger* (isi ulang) [28].

Baterai-baterai Primer (Sekali Pakai)



Gambar 2.11 Baterai [28].

2.13 Jenis - Jenis Baterai

Pada setiap baterai terbagi dari terminal katoda *atau positif* dan terminal anoda *atau negatif* serta juga elektrolit yang menjadi sebagai penghantar. *Output* arus listrik pada baterai merupakan arus searah *atau* disebut dengan arus DC (*Direct Current*). Pada dasarnya, Baterai terbagi dari dua jenis utama yaitu baterai *primer* yang cuma bisa digunakan sekali saja (baterai yang sekali pakai) dan baterai *sekunder* yang bisa diisi ulang (baterai isi ulang).

1. Baterai primer (baterai yang sekali pakai)

Baterai primer *atau* baterai yang sekali pakai saja merupakan baterai yang paling sering ditemukan ditoko bahkan dipasaran. Sebab karena penggunaan yang meluas dengan harga yang relatif murah. Baterai tipe ini juga umumnya, memberikan tegangan sebesar 1,5 Volt dan terbagi dari berbagai tipe dan ukuran seperti AAA (sangat kecil), *atau* AA (kecil), C (sedang) lalu D (besar). Dan, ada pula baterai primer yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 Volt *atau* 9 Volt.

2. Baterai Sekunder (Baterai isi ulang *atau Rechargeable*)

Baterai sekunder merupakan jenis dari baterai yang bisa diisi ulang atau biasa disebut dengan *rechargeable battery*. Pada umumnya, cara baterai sekunder menghasilkan sebuah arus listrik sama dengan baterai primer. Tapi, reaksi kimia yang ada pada baterai sekunder ini bisa berbalik (*Reversible*). Pada saat baterai ini digunakan dengan menghubungkan beban di terminal baterai (*discharge*), sebuah elektron akan mengalir dari *negatif* menuju *positif*. Sedangkan saat sumber energi luar (*Charger*) disambungkan ke baterai sekunder, sebuah elektron akan mengalir dari *positif* ke *negatif* maka akan terjadi pengisian muatan dari baterai. Ada beberapa tipe baterai yang bisa diisi ulang (*rechargeable battery*) yang biasa kita temui diantaranya seperti Ni-MH (*Nickel-Metal Hydride*), Baterai Ni-cd (*Nickel-Cadmium*), dan Li-Ion (*Lithium-Ion*) [28]