

**TUGAS AKHIR**

**SISTEM KONTROL PEMBANGKIT HYBRID  
DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**



Oleh:

Gianda.R.J.Wungow  
NIM : 12 023 031

**KEMENTERIAN RISET DAN PENDIDIKAN TINGGI  
POLITEKNIK NEGERI MANADO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
TAHUN 2016**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik ialah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (flow capacity), sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai white resources dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

Air yang mengalir untuk mengalir sawah dengan sumber air yang mengalir kontinyu (terus menerus) dengan debit air yang cukup tidak mustahil untuk

dibangun sebuah pembangkit listrik. Dengan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan perancangan dengan judul "*SISTEM KONTROL PEMBANGKIT HYBRID DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO*".

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara membuat program pada mikrokontroler untuk aplikasi Hybrid Solar cell dan PLTMH?
2. Bagaimana membuat perangkat keras untuk Aplikasi Hybrid Solar cell dan PLTMH?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Membuat program untuk sistem pengontrolan untuk pembangkit Mikrohydro dan Solar Cell pengembangan Hybrid dengan menggunakan Atmega328 sebagai kontrol utama dari alat tersebut.
2. Merancang rangkaian dari sensor cahaya LDR (Light Dependent Resistor), relay, serta mikrokontroler. Dan membuat software program yang akan diupload pada mikrokontroler.

#### **1.4 Pembatasan Masalah**

1. Perancangan program alat pengontrolan mikrohydro dan solar cell untuk pengembangan hybrid.
2. Pengujian alat kontrol
3. Tabel tegangan dan arus pada alat control.

#### **1.5 Metode Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang program yang akan digunakan pada alat.
2. Menguji program yang ada pada alat.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Tugas akhir ini terbagi dalam beberapa bab yang berisi urutan garis besar dan dibagi kembali dalam sub-sub yang akan membahas tentang masalah yang ada. Isi dari bab dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan masalah, rumusan penelitian, pembatasan masalah, metode penulisan, sistematika penulisan.

2. Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang pengertian, fungsi dan cara kerja untuk menunjang pembuatan alat antara lain Arduino, LDR (sensor cahaya), resistor, dan juga relay dc

### 3. Perancangan

Bab ini menjelaskan tentang perancangan alat control dan juga tentang alat dan bahan yang akan digunakan.

### 4. Pengujian Alat

Membahas tentang hasil dari alat yang telah dirancang dan uji coba dari alat tersebut.

### 5. Penutup

a. Kesimpulan

b. Saran

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Arduino Uno**

Arduino uno merupakan papan mikrokontroler yang di dalamnya tertanam microcontroller dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya. Untuk microcontroller yang digunakan pada arduino uno sendiri jenis ATmega328, sebagai otak dari pengendalian sistem alat. Arduino uno sendiri merupakan kesatuan perangkat yang terdiri dari berbagai komponen elektronika dimana penggunaan alat sudah dikemas dalam kesatuan perangkat yang dibuat oleh pemroduksi untuk di perdagangkan. Dengan arduino uno dapat dibuat sebuah sistem atau perangkat fisik menggunakan software dan hardware yang sifatnya interaktif, yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. Konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital, disebut dengan physical computing. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain alat atau projek-projek yang menggunakan sensor dan microcontroller untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem software untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro-mekanik.

Arduino dikatakan open source karena sebuah platform dari physical computing. Platform di sini adalah sebuah alat kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan IDE (Integrated Development Environment ) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-

compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller. Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) untuk bisa disambungkan dengan Arduino.



Gambar 2.1 Bentuk fisik Adruino Uno

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

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

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Berikut ini adalah konfigurasi dari arduino duemilanove 328 :

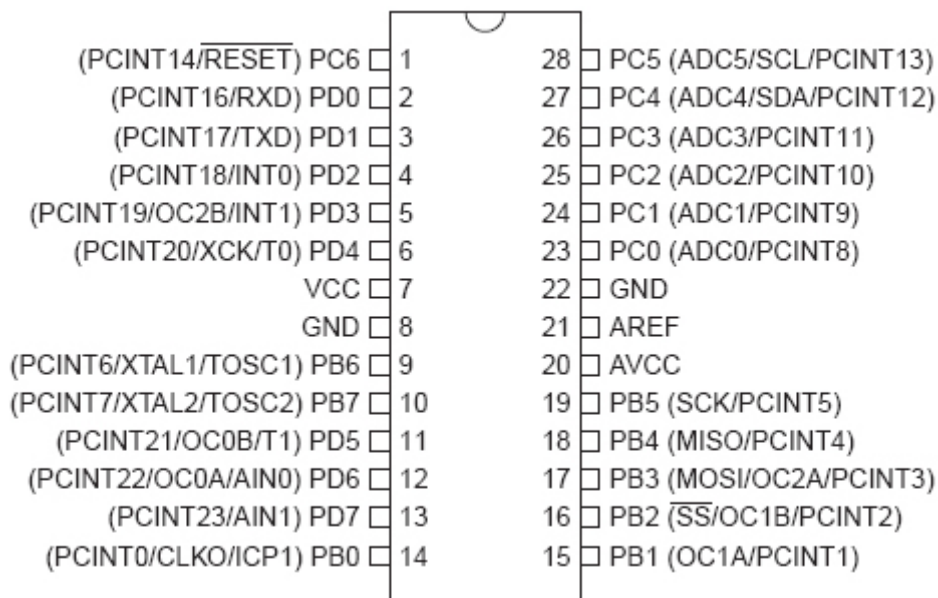
1. Mikronkontroler ATmega328
2. Beroperasi pada tegangan 5V
3. Tegangan input (rekomendasi) 7 - 12V
4. Batas tegangan input 6 - 20V
5. Pin digital input/output 14 (6 mendukung output PWM)
6. Pin analog input 6
7. Arus pin per input/output 40 mA
8. Arus untuk pin 3.3V adalah 50 mA
9. Flash Memory 32 KB (ATmega328) yang mana 2 KB digunakan oleh *bootloader*



10. SRAM 2 KB (ATmega328)
11. EEPROM 1KB (ATmega328)
12. Kecepatan clock 16 MHz

### **2.1.1 Mikrokontroler Atmega 328**

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. ATmega328 mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer). Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, dimana memori untuk kode program dan memori untuk data dipisahkan sehingga dapat memaksimalkan kerja dan parallelism. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi–instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock.



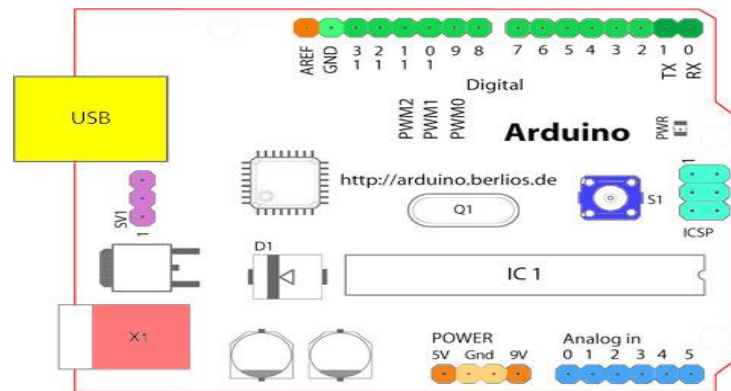
Gambar 2.1.1 Konfigurasi Pin Atmega 328

32 x 8-bit register serbaguna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (Arithmetic Logic Unit) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register “X” (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik memory mapped I/O selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, 17 SPI,

EEPROM, dan ungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.

### 2.1.2 Bagian-Bagian Papan Arduino

Untuk sebuah papan Aduino tipe USB, bagian-bagiannya dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.1.2 Bagian-bagian papan Arduino

#### 1. 14 pin input/output digital (0-13)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3,5,6,9,10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan outputnya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0-255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V.

## 2. USB

Berfungsi untuk: Memuat program dari komputer ke dalam papan Komunikasi serial antara papan dan komputer memberi daya listrik kepada papan serial antara papan dan komputer Memberi daya listrik kepada papan.

### a. Sambungan SV1

Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan adruino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

### b. Q1- Kristal (quartz crystal oscillator)

Jika mikrokontroller dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikorokontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

### c. Tombol Reset

Untuk mereset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroller.

### d. In-Circuit Serial Programming (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroller secara langsung, tanpa melalui bootloader.

Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

e. IC 1-Mikrokontroller Atmega

Komponen utama dari papan arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM. X1-sumber daya eksternal. Jika hendak disuplay dengan sumber daya eksternal, papan arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12.

f. 6 pin input analog (0-5)

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0-1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V.

### 2.1.3 Bahasa Pemrograman Arduino

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasanya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler. Berikut ini merupakan sedikit penjelasan singkat mengenai bahasa C:

1. Struktur

Setiap program Arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada.

## 2. Void setup() { }

Semua kode didalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

## 3. Void loop() { }

Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi *void setup*) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (*power*) dilepaskan.

## 4. Syntax

Berikut ini adalah elemen bahasa C yang dibutuhkan untuk format penulisan.

### a. //(komentar satu baris)

Kadang diperlukan untuk memberi catatan pada diri sendiri apa arti dari kode-kode yang dituliskan. Cukup menuliskan dua buah garis miring dan apapun yang kita ketikkan dibelakangnya akan diabaikan oleh program.

### b. /\* \*/(komentar banyak baris)

Jika anda punya banyak catatan, maka hal itu dapat dituliskan pada beberapa baris sebagai komentar. Semua hal yang terletak di antara dua simbol tersebut akan diabaikan oleh program.

### c. }(kurung kurawal)

Digunakan untuk mendefinisikan kapan blok program mulai dan berakhir (digunakan juga pada fungsi dan pengulangan). \

d. ;(titik koma)

Setiap baris kode harus diakhiri dengan tanda titik koma (jika ada titik koma yang hilang maka program tidak akan bisa dijalankan).

e. Variabel

Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan cara yang cerdas. Variabel inilah yang digunakan untuk memindahkannya.

f. int (integer)

Digunakan untuk menyimpan angka dalam 2 byte (16 bit). Tidak mempunyai angka desimal dan menyimpan nilai dari -32,768 dan 32,767.

g. long (long)

Digunakan ketika integer tidak mencukupi lagi. Memakai 4 byte (32 bit) dari memori (RAM) dan mempunyai rentang dari -2,147,483,648 dan 2,147,483,647.

h. boolean (boolean)

Variabel sederhana yang digunakan untuk menyimpan nilai *TRUE* (benar) atau *FALSE* (salah). Sangat berguna karena hanya menggunakan 1 bit dari RAM.

i. float (float)

Digunakan untuk angka desimal (floating point). Memakai 4 byte (32 bit) dari RAM dan mempunyai rentang dari -3.4028235E+38 dan 3.4028235E+38.

## j. char (character)

Menyimpan 1 karakter menggunakan kode ASCII (misalnya 'A' = 65). Hanya memakai 1 byte (8 bit) dari RAM.

## k. Operator Matematika

Operator yang digunakan untuk memanipulasi angka (bekerja seperti matematika yang sederhana).

## 1. =

Membuat sesuatu menjadi sama dengan nilai yang lain (misalnya:  $x = 10 * 2$ , x sekarang sama dengan 20).

## 2. %

Menghasilkan sisa dari hasil pembagian suatu angka dengan angka yang lain (misalnya:  $12 \% 10$ , ini akan menghasilkan angka 2). + (Penjumlahan) ; - (Pengurangan) ; \* (Perkalian) ; / (Pembagian)

## l. Operator Pembandingan

Digunakan untuk membandingkan nilai logika.

## 1. ==

Sama dengan (misalnya:  $12 == 10$  adalah FALSE (salah) atau  $12 == 12$  adalah TRUE (benar))

## 2. !=

Tidak sama dengan (misalnya:  $12 != 10$  adalah TRUE (benar) atau  $12 != 12$  adalah FALSE (salah))



3. <

Lebih kecil dari (misalnya:  $12 < 10$  adalah FALSE (salah) atau  $12 < 12$  adalah FALSE (salah) atau  $12 < 14$  adalah TRUE (benar))

4. >

Lebih besar dari (misalnya:  $12 > 10$  adalah TRUE (benar) atau  $12 > 12$  adalah FALSE (salah) atau  $12 > 14$  adalah FALSE (salah))

#### m. Struktur Pengaturan

Program sangat tergantung pada pengaturan apa yang akan dijalankan berikutnya, berikut ini adalah elemen dasar pengaturan (banyak lagi yang lain dan bisa dicari di internet).

*if..else*, dengan format seperti berikut ini:

```
if (kondisi) { }
```

```
else if (kondisi) { }
```

```
else { }
```

Dengan struktur seperti diatas program akan menjalankan kode yang ada di dalam kurung kurawal jika kondisinya TRUE, dan jika tidak (FALSE) maka akan diperiksa apakah kondisi pada *else if* dan jika kondisinya FALSE maka kode pada *else* yang akan dijalankan.

*for*, dengan format seperti berikut ini:

```
for (int i = 0; i < #pengulangan; i++) { }
```

Digunakan bila anda ingin melakukan pengulangan kode di dalam kurung kurawal beberapa kali, ganti #pengulangan dengan jumlah pengulangan yang diinginkan. Melakukan penghitungan ke atas dengan *i++* atau ke bawah dengan *i--*.

## 2.2 Mengenal Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembangan, anda akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika anda memulai merakit ATmega328 dari awal di breadboard.

Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau diberi power dengan adaptor AC-DC atau baterai, anda sudah dapat bermain-main dengan Arduino UNO anda tanpa khawatir akan melakukan sesuatu yang salah. Kemungkinan paling buruk hanyalah kerusakan pada chip ATmega328, yang bisa anda ganti sendiri dengan mudah dan dengan harga yang relatif murah.

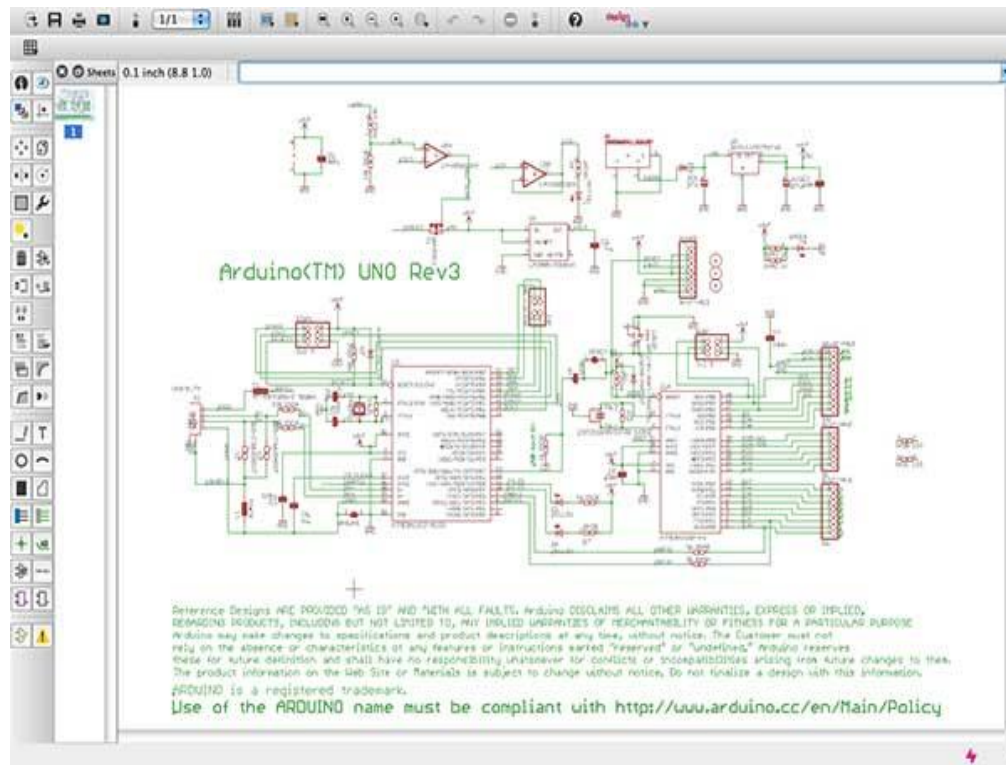
Kata " Uno " berasal dari bahasa Italia yang berarti "satu", dan dipilih untuk menandai peluncuran Software Arduino (IDE) versi 1.0. Arduino. Sejak awal peluncuran hingga sekarang, Uno telah berkembang menjadi versi Revisi 3 atau biasa ditulis REV 3 atau R3. Software Arduino IDE, yang bisa diinstall di Windows maupun Mac dan Linux, berfungsi sebagai software yang membantu anda memasukkan (upload) program ke chip ATmega328 dengan mudah.

## 1. Spesifikasi

Spesifikasi Arduino Uno R3 seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino uno R3

Chip mikrokontroler	ATmega328
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
Analog Input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB, 0.5 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	68.6 mm x 53.4 mm
Berat	25 g



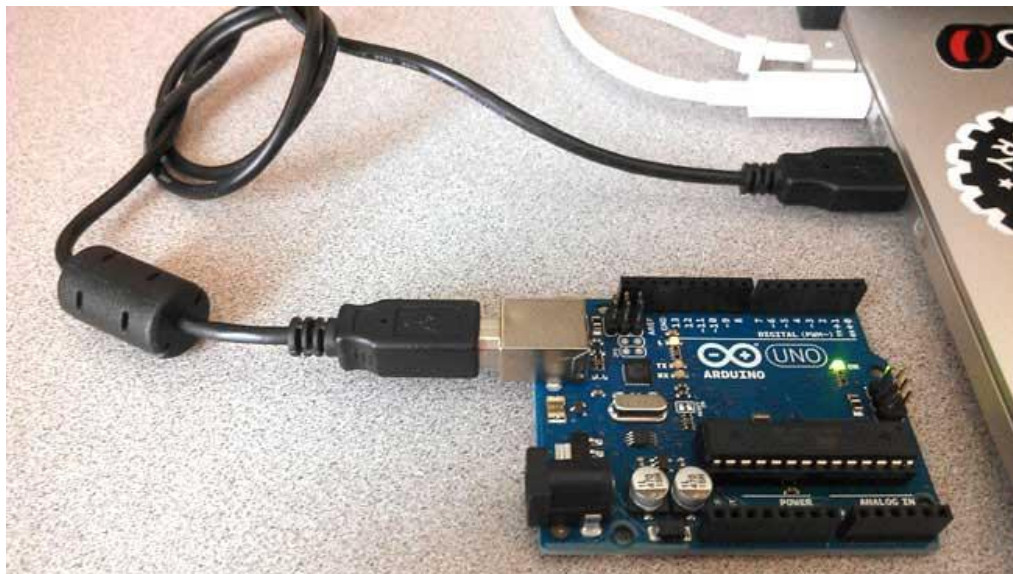
Gambar 2.2.1 Diagram satu garis ARDUINO

## 2. Pemrograman

ATmega328 yang terdapat pada Arduino Uno R3 telah diisi program awal yang sering disebut bootloader. Bootloader tersebut yang bertugas untuk memudahkan anda melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan Arduino Software, tanpa harus menggunakan tambahan hardware lain. Cukup hubungkan Arduino dengan kabel USB ke PC atau Mac/Linux anda, jalankan software Arduino Software (IDE), dan anda sudah bisa mulai memrogram chip ATmega328. Lebih mudah lagi, di dalam Arduino Software sudah diberikan banyak contoh program yang memanjakan anda dalam belajar mikrokontroler.

### 3. Proteksi

Development board Arduino Uno R3 telah dilengkapi dengan polyfuse yang dapat direset untuk melindungi port USB komputer/laptop anda dari korsleting atau arus berlebih. Meskipun kebanyakan komputer telah memiliki perlindungan port tersebut didalamnya namun sikring pelindung pada Arduino Uno memberikan lapisan perlindungan tambahan yang membuat anda bisa dengan tenang menghubungkan Arduino ke komputer anda. Jika lebih dari 500mA ditarik pada port USB tersebut, sirkuit proteksi akan secara otomatis memutuskan hubungan, dan akan menyambung kembali ketika batasan aman telah kembali.



Gambar 2.2.3 ARDUINO yang dipasang ke komputer dengan USB

### 4. Power Supply

Board Arduino Uno dapat ditenagai dengan power yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via power supply eksternal. Pilihan power yang

digunakan akan dilakukan secara otomatis. External power supply dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin Vin yang ada di board. Board dapat beroperasi dengan power dari external power supply yang memiliki tegangan antara 6V hingga 20V. Namun ada beberapa hal yang harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, pin 5V tidak akan memberikan nilai murni 5V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa over heat yang pada akhirnya bisa merusak pcb. Dengan demikian, tegangan yang di rekomendasikan adalah 7V hingga 12V

Beberapa pin power pada Arduino Uno :

- a. GND. Ini adalah ground atau negatif.
- b. Vin. Ini adalah pin yang digunakan jika anda ingin memberikan power langsung ke board Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7V - 12V
- c. Pin 5V. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut mengalir tegangan 5V yang telah melalui regulator
- d. 3V3. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3.3V yang telah melalui regulator
- e. IOREF. Ini adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroler. Biasanya digunakan pada board shield untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V.

## 5. Memori

Chip ATmega328 pada Arduino Uno R3 memiliki memori 32 KB, dengan 0.5 KB dari memori tersebut telah digunakan untuk bootloader. Jumlah SRAM 2 KB, dan EEPROM 1 KB, yang dapat di baca-tulis dengan menggunakan EEPROM library saat melakukan pemrograman.

## 6. Input dan Output (I/O)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, Arduino Uno memiliki 14 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, sengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus 20mA, dan memiliki tahanan pull-up sekitar 20-50k ohm (secara default dalam posisi disconnect). Nilai maximum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroler. Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

- Serial, terdiri dari 2 pin : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial.
- External Interrupts, yaitu pin 2 dan pin 3. Kedua pin tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan interrupts. Gunakan fungsi `attachInterrupt()`
- PWM: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`

- SPI : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), dan 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library
- LED : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13.
- TWI : Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan Wire Library.

Arduino Uno memiliki 6 buah input analog, yang diberi tanda dengan A0, A1, A2, A3, A4, A5. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10 bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara default, pin-pin tersebut diukur dari ground ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi `analogReference()`. Beberapa in lainnya pada board ini adalah :

- AREF. Sebagai referensi tegangan untuk input analog.
- Reset. Hubungkan ke LOW untuk melakukan reset terhadap mikrokontroller. Sama dengan penggunaan tombol reset yang tersedia.

## 7. Komunikasi

Arduino Uno R3 memiliki beberapa fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, berkomunikasi dengan Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroller lain nya. Chip Atmega328 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V) yang tersedia di pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Chip ATmega16U2 yang terdapat pada board berfungsi menterjemahkan bentuk komunikasi ini melalui USB dan akan tampil sebagai Virtual Port di



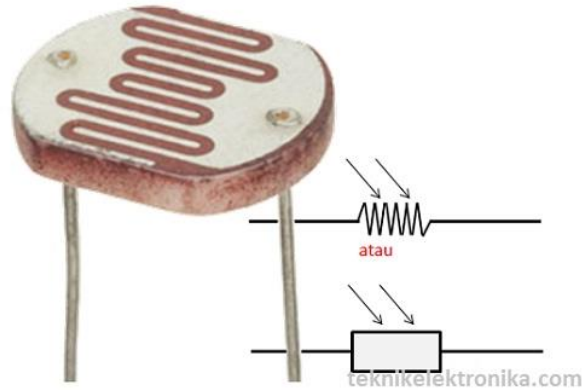
komputer. Firmware 16U2 menggunakan driver USB standar sehingga tidak membutuhkan driver tambahan.

Pada Arduino Software (IDE) terdapat monitor serial yang memudahkan data textual untuk dikirim menuju Arduino atau keluar dari Arduino. Led TX dan RX akan menyala berkedip-kedip ketika ada data yang ditransmisikan melalui chip USB to Serial via kabel USB ke komputer. Chip ATmega328 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Di dalam Arduino Software (IDE) sudah termasuk Wire Library untuk memudahkan anda menggunakan bus I2C.

#### 8. Reset Otomatis (software)

Biasanya, ketika anda melakukan pemrograman mikrokontroler, anda harus menekan tombol reset sesaat sebelum melakukan upload program. Pada Arduino Uno, hal ini tidak lagi merepotkan anda. Arduino Uno telah dilengkapi dengan auto reset yang dikendalikan oleh software pada komputer yang terkoneksi. Salah satu jalur flow control (DTR) dari ATmega16U pada Arduino Uno R3 terhubung dengan jalur reset pada ATmega328 melalui sebuah kapasitor 100nF. Ketika jalur tersebut diberi nilai LOW, mikrokontroler akan di reset. Dengan demikian proses upload akan jauh lebih mudah dan anda tidak harus menekan tombol reset pada saat yang tepat seperti biasanya.

### 2.3 Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor)



Gambar 2.3 LDR

Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar  $10\text{ M}\Omega$ , dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi sekitar  $150\ \Omega$ . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa.

Light Dependent Resistor atau yang biasa disebut LDR adalah jenis resistor yang nilainya berubah seiring intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut. Biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur

besaran konversi cahaya. Light Dependent Resistor, terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan ada lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang.

### **2.3.1 Prinsip Kerja LDR**

Pada sisi bagian atas LDR terdapat suatu garis atau jalur melengkung yang menyerupai bentuk kurva. Jalur tersebut terbuat dari bahan cadmium sulphida yang sangat sensitiv terhadap pengaruh dari cahaya. Jalur cadmium sulphida yang terdapat pada LDR. Jalur cadmium sulphida dibuat melengkung menyerupai kurva agar jalur tersebut dapat dibuat panjang dalam ruang (area) yang sempit. Cadmium sulphida (CdS) merupakan bahan semi-konduktor yang memiliki gap energi antara elektron konduksi dan elektron valensi. Ketika cahaya mengenai cadmium sulphida, maka energi proton dari cahaya akan diserap sehingga terjadi perpindahan dari band valensi ke band konduksi. Akibat perpindahan elektron tersebut mengakibatkan hambatan dari cadmium sulphida berkurang dengan

hubungan kebalikan dari intensitas cahaya yang mengenai LDR. Lihat gambar 1.1 dibawah ini.

### 2.3.2 Karakteristik LDR

#### a. Laju Recovery

Bila sebuah LDR dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu kedalam suatu ruangan yang gelap sekali, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga dikegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam  $K \Omega / \text{detik}$ . untuk LDR type arus harganya lebih

#### b. Fungsi LDR

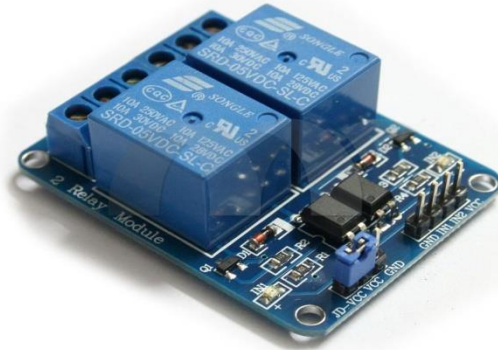
Dari penjabaran mengenai arti LDR tadi, fungsi LDR adalah sebagai saklar otomatis berdasarkan cahaya. Jika cahaya yang diterima oleh LDR banyak, maka nilai resistansi LDR akan menurun, dan listrik dapat mengalir (ON). Sebaliknya, jika cahaya yang diterima LDR sedikit, maka nilai resistansi LDR akan menguat, dan aliran listrik terhambat (OFF).

### c. Prinsip Kerja LDR

Prinsip kerja LDR bisa dibilang sangat sederhana, tak jauh berbeda dari variabel resistor pada umumnya. LDR dipasang pada sebuah rangkaian elektronika dan dapat memutus dan menyambung aliran listrik berdasarkan cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka semakin menurun nilai resistansinya. Sebaliknya, jika cahaya yang mengenainya sedikit (gelap), maka nilai hambatannya menjadi semakin besar.

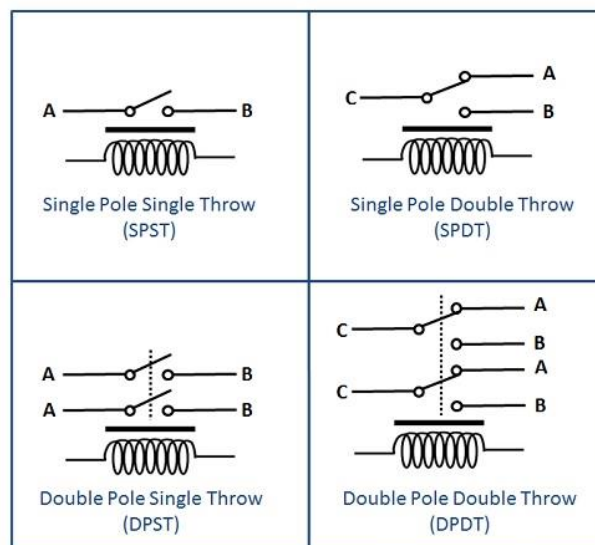
## 2.4 Relay DC

Pengertian Relay dan Fungsinya – Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V. Dibawah ini adalah gambar bentuk Relay dc.



Gambar 2.4 Bentuk Relay DC 2 channel

#### Jenis Relay berdasarkan Pole dan Throw



teknikelektronika.com

Gambar 2.4.1 Bentuk kontak Relay dc

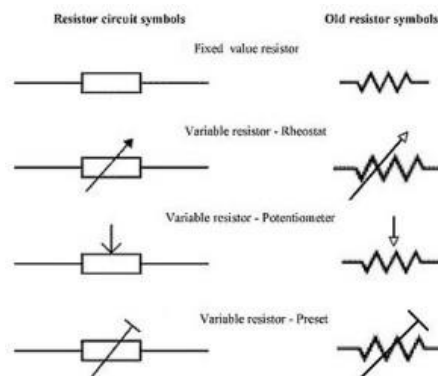
## 2.5 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika.

Sebagaimana fungsi resistor yang sesuai namanya bersifat resistif dan termasuk salah satu komponen elektronika dalam kategori komponen pasif. Satuan atau nilai resistansi suatu resistor di sebut Ohm dan dilambangkan dengan simbol Omega ( $\Omega$ ). Sesuai hukum Ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Selain nilai resistansinya (Ohm) resistor juga memiliki nilai yang lain seperti nilai toleransi dan kapasitas daya yang mampu dilewatkannya. Semua nilai yang berkaitan dengan resistor tersebut penting untuk diketahui dalam perancangan suatu rangkaian elektronika oleh karena itu pabrikan resistor selalu mencantumkan dalam kemasan resistor tersebut.

### 2.5.1 Simbol Resistor

Berikut adalah simbol resistor dalam bentuk gambar yang sering digunakan dalam suatu desain rangkaian elektronika.



Gambar 2.5.1 Simbol Resistor

Resistor dalam suatu teori dan penulisan formula yang berhubungan dengan resistor disimbolkan dengan huruf "R". Kemudian pada desain skema elektronika resistor tetap disimbolkan dengan huruf "R", resistor variabel

disimbolkan dengan huruf “VR” dan untuk resistor jenis potensiometer ada yang disimbolkan dengan huruf “VR” dan “POT”.

### **2.5.2 Kapasitas Daya Resistor**

Kapasitas daya pada resistor merupakan nilai daya maksimum yang mampu dilewatkan oleh resistor tersebut. Nilai kapasitas daya resistor ini dapat dikenali dari ukuran fisik resistor dan tulisan kapasitas daya dalam satuan Watt untuk resistor dengan kemasan fisik besar. Menentukan kapasitas daya resistor ini penting dilakukan untuk menghindari resistor rusak karena terjadi kelebihan daya yang mengalir sehingga resistor terbakar dan sebagai bentuk efisiensi biaya dan tempat dalam pembuatan rangkaian elektronika.

### **2.5.3 Nilai Toleransi Resistor**

Toleransi resistor merupakan perubahan nilai resistansi dari nilai yang tercantum pada badan resistor yang masih diperbolehkan dan dinyatakan resistor dalam kondisi baik. Toleransi resistor merupakan salah satu perubahan karakteristik resistor yang terjadi akibat operasional resistor tersebut. Nilai toleransi resistor ini ada beberapa macam yaitu resistor dengan toleransi kerusakan 1% (resistor 1%), resistor dengan toleransi kesalahan 2% (resistor 2%), resistor dengan toleransi kesalahan 5% (resistor 5%) dan resistor dengan toleransi 10% (resistor 10%).

Nilai toleransi resistor ini selalu dicantumkan di kemasan resistor dengan kode warna maupun kode huruf. Sebagai contoh resistor dengan toleransi 5%

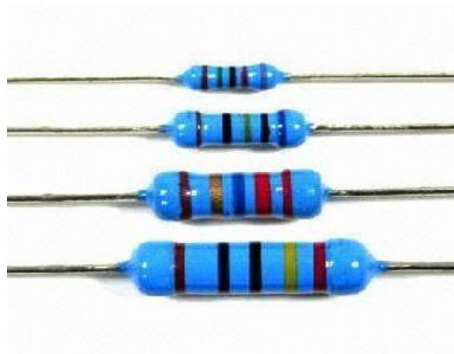


maka dituliskan dengan kode warna pada cincin ke 4 warna emas atau dengan kode huruf J pada resistor dengan fisik kemasan besar. Resistor yang banyak dijual dipasaran pada umumnya resistor 5% dan resistor 1%.

#### 2.5.4 Jenis Resistor

Berdasarkan jenis dan bahan yang digunakan untuk membuat resistor dibedakan menjadi resistor kawat, resistor arang dan resistor oksida logam atau resistor metal film.

Dalam perancangan alat ini, resistor yang digunakan adalah resistor jenis oksida logam (Metal Film Resistor).



Gambar 2.5.4 Resistor Oksida Logam

Resistor oksida logam atau lebih dikenal dengan nama resistor metal film merupakan resistor yang dibuat dengan bahan utama oksida logam yang memiliki karakteristik lebih baik. Resistor metal film ini dapat ditemui dengan nilai toleransi 1% dan 2%. Bentuk fisik resistor metal film ini mirip dengan resistor karbon hanya beda warna dan jumlah cincin warna yang digunakan dalam penilaian resistor tersebut. Sama seperti resistor karbon, resistor metal film ini juga diproduksi dalam beberapa kapasitas daya yaitu 1/8 Watt, 1/4 Watt, 1/2 Watt.

Resistor metal film ini banyak digunakan untuk keperluan pengukuran, perangkat industri dan perangkat militer.

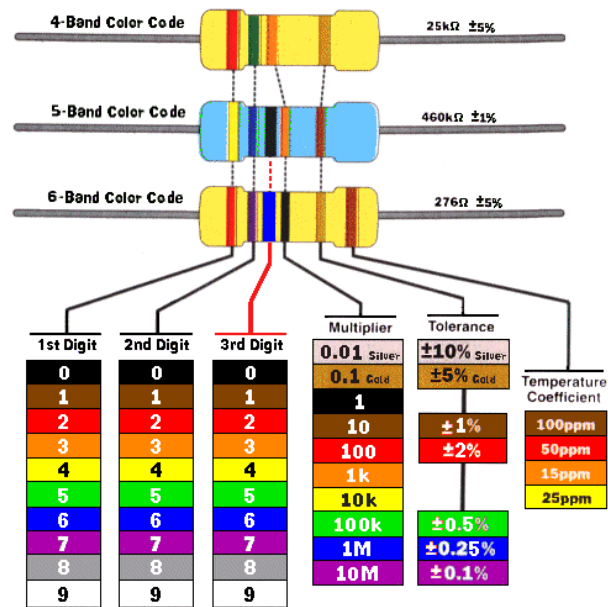
Kemudian berdasarkan nilai resistansinya resistor dibedakan menjadi 2 jenis yaitu resistor tetap (Fixed Resistor) dan resistor tidak tetap (Variable Resistor)

#### 1. Menghitung Nilai Resistor

Nilai resistor dapat diketahui dengan kode warna dan kode huruf pada resistor. Resistor dengan nilai resistansi ditentukan dengan kode warna dapat ditemukan pada resistor tetap dengan kapasitas daya rendah, sedangkan nilai resistor yang ditentukan dengan kode huruf dapat ditemui pada resistor tetap daya besar dan resistor variable.

#### 2. Kode Warna Resistor

Cicin warna yang terdapat pada resistor terdiri dari 4 ring 5 dan 6 ring warna. Dari cicin warna yang terdapat dari suatu resistor tersebut memiliki arti dan nilai dimana nilai resistansi resistor dengan kode warna yaitu :



Gambar 2.5.4.2 Kode Warna Resistor

### 3. Resistor dengan 4 cincin kode warna

Maka cincin ke 1 dan ke 2 merupakan digit angka, dan cincin kode warna ke 3 merupakan faktor pengali kemudian cincin kode warna ke 4 menunjukkan nilai toleransi resistor.

### 4. Resistor dengan 5 cincin kode warna

Maka cincin ke 1, ke 2 dan ke 3 merupakan digit angka, dan cincin kode warna ke 4 merupakan faktor pengali kemudian cincin kode warna ke 5 menunjukkan nilai toleransi resistor.

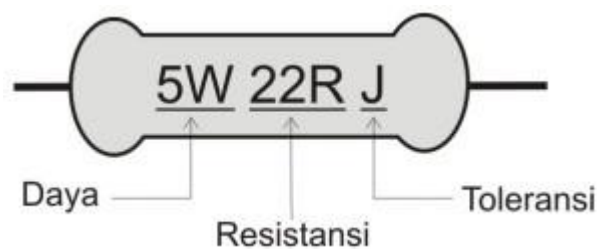
### 5. Resistor dengan 6 cincin warna

Resistor dengan 6 cincin warna pada prinsipnya sama dengan resistor dengan 5 cincin warna dalam menentukan nilai resistansinya. Cincin ke 6

menentukan koefisien temperatur yaitu temperatur maksimum yang diijinkan untuk resistor tersebut.

#### 6. Kode Huruf Resistor

Resistor dengan kode huruf dapat kita baca nilai resistansinya dengan mudah karenanilia resistansi dituliskan secara langsung. Pad umumnya resistor yang dituliskan dengan kode huruf memiliki urutan penulisan kapasitas daya, nilai resistansi dan toleransi resistor. Kode huruf digunakan untuk penulisan nilai resistansi dan toleransi resistor.



Gambar 2.5.4.7 Contoh Kode Huruf Resistor

Kode Huruf Untuk Nilai Resistansi :

- a. R, berarti x1 (Ohm)
- b. K, berarti x1000 (KOhm)
- c. M, berarti x 1000000 (MOhm)

d. Kode Huruf Untuk Nilai Toleransi :

- e. F, untuk toleransi 1%
- f. G, untuk toleransi 2%
- g. J, untuk toleransi 5%
- h. K, untuk toleransi 10%
- i. M, untuk toleransi 20%

Dalam menentukan suatu resistor dalam suatu rangkaian elektronika yang harus diingat selain menentukan nilai resistansinya adalah menentukannya kapasitas daya dan toleransinya.

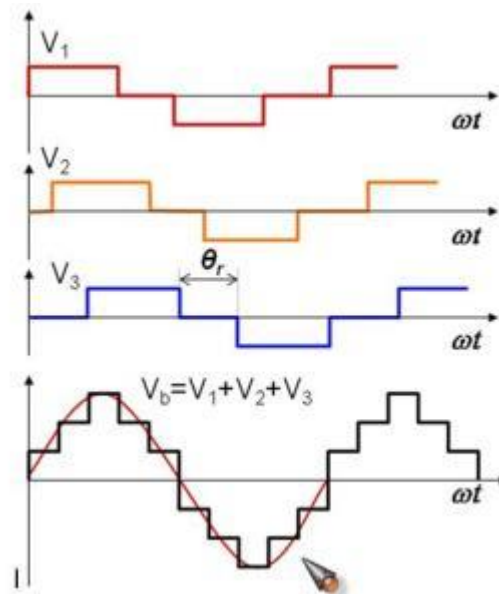
## 2.6 INVERTER



Gambar 2.6.1 Inverter

Inverter adalah Rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Ada beberapa topologi inverter yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (push-pull inverter) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). Inverter satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa dan ada juga yang namanya inverter multilevel (kapasitor split, diode clamped dan susunan kaskade).

Ada beberapa cara teknik kendali yang digunakan agar inverter mampu menghasilkan sinyal sinusoidal, yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalan inverter di tiap lengannya.



Gambar 2.6.2 Sinyal Kontrol

Cara yang paling umum digunakan adalah dengan modulasi lebar pulsa (PWM). Sinyal kontrol penyaklaran di dapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (sinusoidal) dengan sinyal carrier (digunakan sinyal segitiga). Dengan cara ini frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi sinusoidal.

Prinsip kerja inverter adalah mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Fungsi Inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah Frekuensi Outputnya:

$f$  = frekuensi (Hz)

$p$  = jumlah kutub

## 2.7 Solar Charge Controller

### 2.7.1 Pengertian Solar Charger Controller

Solar charge controller adalah charger baterai yang disuplai dari panel surya / fotovoltaik. Kit elektronik ini berfungsi untuk mengatur arus dari panel surya ke dalam baterai. Kit ini memiliki fitur yang lengkap dan pengoperasian yang mudah dengan satu potensiometer untuk pengaturan tegangan mengambang / floating voltage, dan kompensasi suhu ruang otomatis, sehingga masa pakai baterai akan lebih lama. Dilengkapi juga dioda untuk proteksi kutub terbalik.

Rangkaian ini memiliki kelebihan dalam hal efisiensi, kesederhanaan, dan kehandalan. Sebuah sistem tenaga surya menengah dapat dibangun dengan rangkaian ini, sebuah panel surya 12V (nominal) yang mampu menyediakan arus 100mA sampai 20Amp, dan sebuah baterai yang memiliki kapasitas dari 60AH sampai 400AH. Baterai memiliki pengisian maksimum sebesar  $C/10$ , sehingga baterai dengan kapasitas 60AH harus dihubungkan dengan panel surya tidak lebih dari 6 amp. Dianjurkan untuk memeriksa lembar data produsen baterai untuk menemukan muatan maksimum yang diijinkan, kemudian pilih panel surya yang tidak melebihi nilai tersebut. Di sisi lain, jika arus keluaran panel surya terlalu rendah, baterai mungkin tidak

pernah terisi penuh. Dengan perubahan beberapa bagian, rangkaian ini dapat bekerja sebagai charge controller untuk tegangan kerja 24V/15A. Rangkaian ini juga dapat dimodifikasi untuk kapasitas yang lebih besar. Gambar rangkaian di atas mengilustrasikan untuk kapasitas 60Ampere. Untuk desain PCB, untuk rangkaian ini telah tersedia pcb kualitas hobi yang dapat anda gunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik mandiri anda.

Aplikasi sistem tenaga surya dapat anda terapkan misalnya pada sistem penerangan lampu jalan raya. Anda dapat menggunakan lampu led beriluminasi tinggi / High Power LED untuk mendapatkan efisiensi energi yang lebih besar.

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.



### 2.7.2 FUNGSI SOLAR CHARGE CONTROLLER

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan overvoltage.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
3. Monitoring temperatur baterai (*Range Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC*)
4. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
5. Full charge dan low voltage cut.

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input ( 2 terminal ) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan beban ( load ). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke

panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.

Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

### 2.7.3 Teknologi Solar Charge Controller

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

1. PWM (Pulse Wide Modulation), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form.
2. MPPT (Maximun Power Point Tracker), yang lebih efisien konversi DC to DC (Direct Current). MPPT dapat mengambil maximum daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai. Teknologi yang sudah jarang

digunakan, tetapi sangat murah, adalah Tipe 1 atau 2 Stage Control, dengan relay ataupun transistor. Fungsi relay adalah meng-short ataupun men-disconnect baterai dari panel surya / solar cell.

#### 2.7.4 Cara Kerja Solar Charge Controller

Solar charge controller berfungsi untuk: Charging mode: Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh).

1. Operation mode: Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai 'kosong').

2. Charging Mode Solar Charge Controller

Dalam charging mode, umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charging:

3. Fase bulk: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk - antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / solar cell. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.

4. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charge controller timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

5. Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 - 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat

menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.

#### 6. Sensor Temperatur Baterai

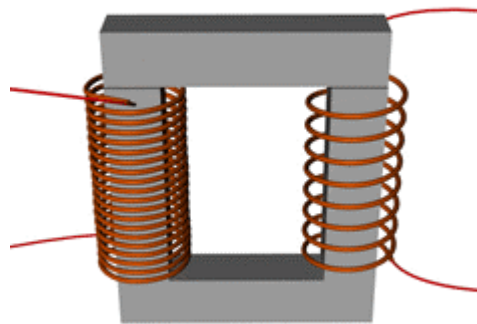
Untuk solar charge controller yang dilengkapi dengan sensor temperatur baterai. Tegangan charging disesuaikan dengan temperatur dari baterai. Dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan juga optimum dari usia baterai. Apabila solar charge controller tidak memiliki sensor temperatur baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperatur lingkungan dan jenis baterai.

#### 7. Mode Operation Solar Charge Controller: Pada mode ini, baterai akan melayani beban. Apabila ada over-discharge atau over-load, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

## 2.8 TRAFO

Pengertian Trafo (Transformator) | Trafo (transformator) adalah sebuah alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan AC. Trafo (Transformator) dapat ditemukan di mana-mana dibanyak peralatan listrik sekitar kita. Tanpa trafo (transformator) kita tidak dapat menggunakan sebagian besar peralatan listrik kita. Sebuah trafo (transformator) memiliki dua kumparan yang dinamakan kumparan primer dan kumparan sekunder. Trafo (transformator) dirancang sedemikian rupa sehingga hampir seluruh fluks magnet yang dihasilkan arus pada kumparan primer dapat masuk ke kumparan sekunder. Bentuk trafo

(transformator) hampir sama dengan cincin induksi Faraday, terdiri dari dua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang dililitkan pada inti besi lunak secara terpisah.



Gambar 2.8 Trafo

Trafo (transformator) dengan inti udara dan inti ferit biasanya digunakan pada peralatan berfrekuensi tinggi. Trafo (Transformator) jenis ini mempunyai kumparan yang terletak pada rumah yang terisolasi dan berlubang yang dapat digunakan untuk meletakkan batang ferrit. Trafo (Transformator) inti besi biasanya digunakan pada frekuensi audio dan untuk penggunaan sumber tenaga. Transformator jenis ini mempunyai kumparan yang melilit pada inti besi yang terbuat dari bahan ferromagnetik, berbentuk lembaran-lembaran tipis yang terisolasi satu sama lainnya.

Cara kerja Trafo (Transformator) sama dengan prinsip induksi elektromagnet. Di mana arus bolak-balik yang melalui konduktor (kumparan kawat) akan menimbulkan medan magnet. Medan magnet yang ada pada kumparan pertama secara otomatis menginduksi kumparan kedua. Kumparan

pertama dari sumber arus bolak-balik disebut kumparan primer. Sedangkan kumparan kedua tempat terjadinya induksi arus disebut kumparan sekunder. Arus induksi pada kumparan sekunder selalu mengalir dengan arah berlawanan dengan kumparan primer.

Dalam perancangan sebuah power supply, jenis transformator step down yang dipakai biasanya berhubungan dengan penentuan jenis penyearah yang akan digunakan. Untuk jenis trafo biasa dibutuhkan penyearah jembatan dioda (dioda bridge) yang dapat dibuat dari 4 dioda. Sedangkan untuk jenis trafo CT hanya dibutuhkan penyearah dengan menggunakan 2 dioda saja. Artikel mengenai penyearah ini akan dibahas lain waktu.