

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem computer fungsional dalam sebuah chip. Didalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan output.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan computer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dan dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Seperti halnya mikroprosesor, mikrokontroler juga adalah sebuah *general purpose device*, tetapi hanya difungsikan untuk membaca data, melakukan kalkulasi terbatas pada data dan mengendalikan lingkungannya berdasarkan kalkulasi tersebut. Penggunaan utama mikrokontroler adalah untuk mengontrol operasi sebuah mesin yang menggunakan program yang tetap yang disimpan dalam ROM dan tidak berubah sepanjang umur sistem tersebut. (Syahrul, 2012:2)

Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem control mesin, remote controls, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

- sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas
- rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi
- pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak

Namun demikian tidak sepenuhnya mikrokontroler bisa mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masih diperlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran (I/O). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah versi mini atau mikro dari sebuah computer karena mikrokontroler sudah mengandung beberapa peripheral yang langsung bisa dimanfaatkan, misalnya port parallel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital (ADC), dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

Kelebihan utama mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak dibutuhkan sistem clock dan reset, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem clock internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi.

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

- Sistem minimal mikrokontroler
- Software pemrograman dan kompilasi serta downloader

Yang dimaksud dengan sistem minimum adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimum mikrokontroler AVR memiliki prinsip yang sama.

2.2. Mikrokontroler ATMEGA 16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa Bandar masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital Converter*), DAC (*Digital to Analog Converter*) dan serial komunikasi.

Mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian suatu alat, otomasi dalam industri dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler adalah harganya murah, dapat di program berulang kali, dan dapat di program sesuai dengan keinginan kita.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATMeega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral* dan fiturnya.

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya. *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan decoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

Secara teknis, hanya ada 2 macam mikrokontroller. Pembagian ini didasarkan pada kompleksitas instruksi-instruksi yang dapat diterapkan pada mikrokontroler tersebut. Pembagian itu yaitu RISC dan CISC. RISC merupakan kependekan dari Reduced Instruction Set Computer. Instruksi yang dimiliki terbatas tetapi memiliki fasilitas yang lebih banyak. Sebaliknya, CISC kependekan dari Complex Instruction Set Computer. Instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. (*Cahangkun, 2009:1*)

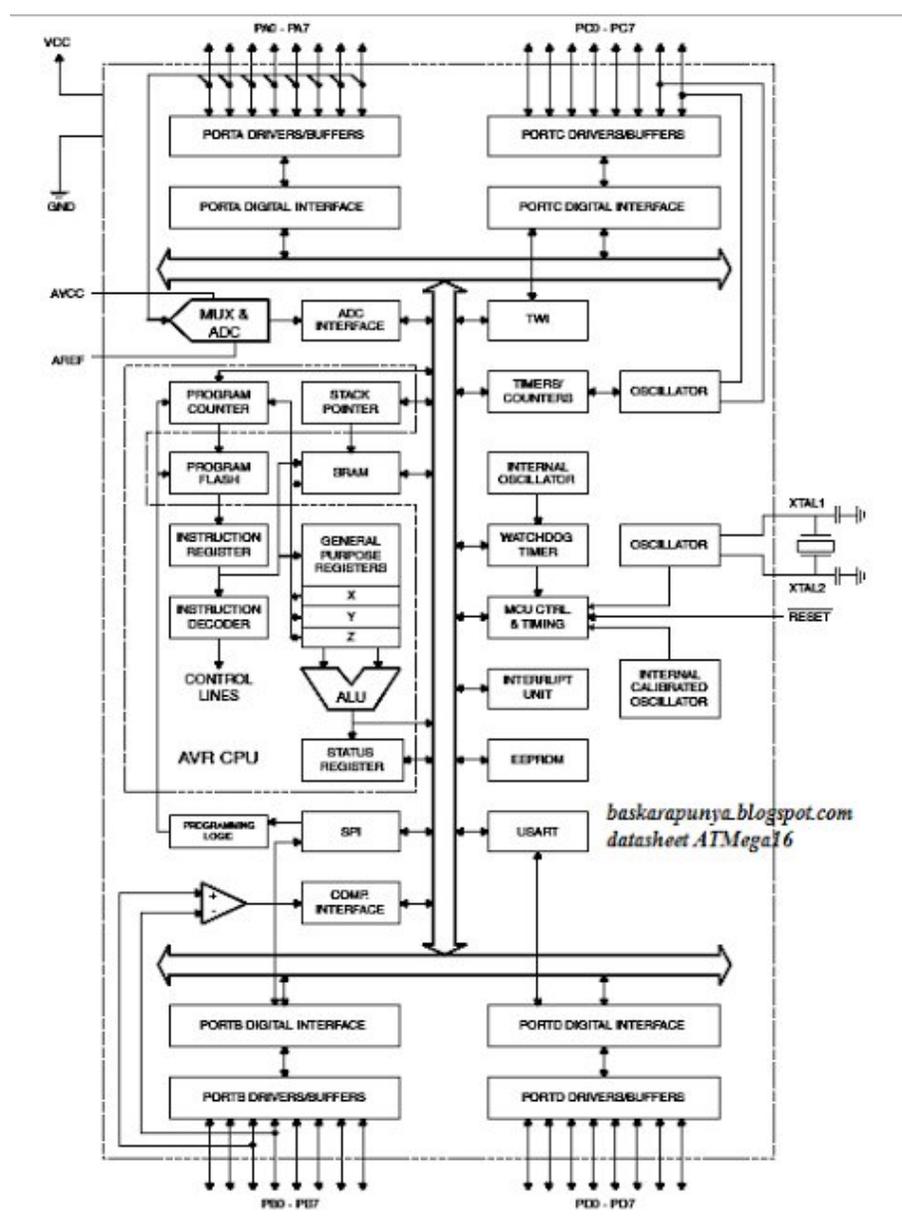
2.2.1. Arsitektur ATMEGA16

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar mikrokontroler ATmega 16 terdiri dari:

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte.
3. Saluran Port I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal.
6. Port USART sebagai komunikasi serial
7. Konsumsi daya rendah (DC 5V)
8. Fitur Peripheral
 - a. Tiga buah *Timer/Counter* dengan perbandingan
 - (1) 2 (dua) buah *Timer/Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*
 - (2) 1 (satu) buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare* dan *Mode Capture*
 - b. *Real Time Counter* dengan osilator tersendiri
 - c. 4 *channel* pwm
 - d. 8 *channel*, 10-bit ADC
 - (1) 8 *Single-ended Channel*
 - (2) 7 *Differential Channel* hanya pada kemasan TQFP (*Chandra,2010:6*)
 - (3) 2 *Differential Channel* dengan Programmable Gain 1x, 10x atau 200x
 - e. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
 - f. Antarmuka SPI

- g. Watchdog Timer dengan osilator internal
- h. On-chip Analog Comparator (Chandra,2010:7)

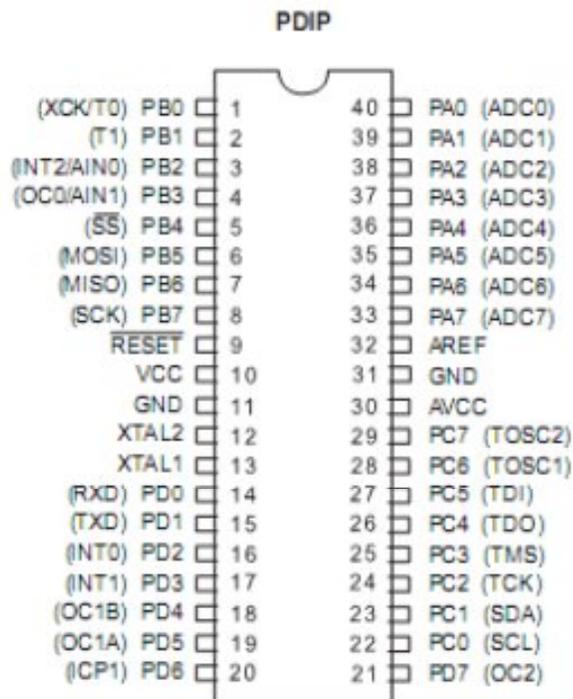


Gambar 2.1 Diagram Blok Arsitektur Mikrokontroler ATmega16
(Sumber: Atmel, 2008:3)

2.2.2 Konfigurasi Pena (PIN) ATMEGA 16

Konfigurasi pena (pin) mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40-pena dapat dilihat pada Gambar 2.2. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATMega16 memiliki 8 pena untuk masing-masing Bandar A (*Port A*), Bandar B (*Port B*), Bandar C (*Port C*), dan Bandar D (*Port D*).

ATmega16 memiliki 32 pin yang digunakan untuk input/output, pin-pin tersebut terdiri dari 8 pin sebagai *port A*. 8 pin sebagai *port B*. 8 pin sebagai *port C*. 8 pin sebagai *port D*. Dalam komunikasi serial, maka hanya *port D* yang dapat digunakan karena fungsi khusus yang dimilikinya. Untuk lebih jelas akan ditunjukkan pada tabel-table fungsi khusus *port*. Semua pin Mikrokontroler ATMega16 diperlihatkan pada gambar dibawah ini. (Chandra,2010:7)



Gambar 2.2. Pena-pena Atmega 16

(Sumber: Atmel, 2008:2)

Bandar A (PA7 – PA0) berfungsi sebagai input analog pada converter A/D. Bandar A juga sebagai suatu Bandar I/O 8-bit dua arah, jika A/D converter tidak digunakan. Pena-pena Bandar dapat menyediakan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Bandar A *output* buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pena PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pena-pena akan memungkinkan arus sumber jika resistor *internal pull-up* diaktifkan. Pena Bandar A adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

Bandar B (PB7 – PB0) adalah suatu Bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar B output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Bandar B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Bandar B adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

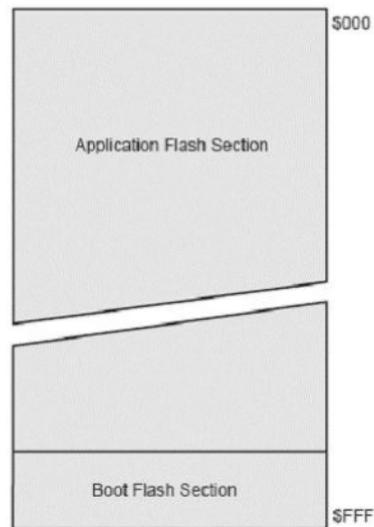
Bandar C (PC7 – PC0) adalah suatu Bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar C output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Bandar C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Bandar C adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

Bandar D (pd7 –pd0) adalah suatu Bandar dengan I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar D output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Bandar D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Bandar D adalah tri-stated manakal suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

2.2.3. Peta Memori ATmega16

2.2.3.1. Memori Program

Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16 Kbyte *On-chip In-system Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Instruksi ATmega16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori *flash* diatur dalam 8K x 16 bit. Memori flash dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program boot dan aplikasi seperti terlihat pada Gambar 2.3. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor. (Chandra,2010:10)



Gambar 2.3. Peta Memori ATmega16

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28677/4/Chapter%20II.pdf>)

2.2.3.2. Memori Data (SRAM)

Memori data AVR ATmega16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O DAN 1 Kbyte SRAM internal. General purpose register menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F. Memori I/O merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai fitur mikrokontroler seperti control register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari \$60 hingga \$45F digunakan untuk SRAM internal. (*Chandra, 2010:11*)

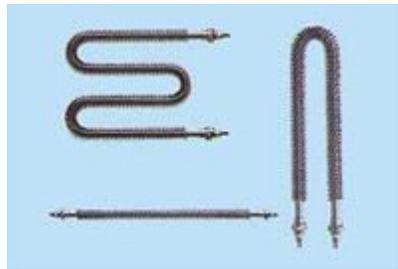
2.2.3.3. Memori Data EEPROM

ATmega16 terdiri dari 512 byte memori data EEPROM 8 bit, data dapat ditulis/dibaca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat *nonvolatile*. Alamat EEPROM mulai dari #000 sampai \$1FF. (*Chandra,2010:12*)

2.3. Pemanas Air (*Water Heater*)

Water heater adalah alat yang digunakan untuk memanaskan air yang menggunakan energi sebagai sumber pemanas. pada awalnya untuk mendapatkan air panas biasanya kita memasak air atau memanfaatkan air panas langsung dari alam. Pada tahun 1868 seorang pelukis asal London, Inggris, Benjamin Waddy Maughan menemukan water heater domestik instan pertama. Cara kerja alat ini sederhana air dingin ditempatkan di bagian atas wadah berupa tabung yang juga diisi jaringan kawat-kawat tipis sebagai pengantar panas, di mana bagian bawahnya diletakkan sebuah alat pemanas berbahan bakar gas. Lalu air panas mengalir ke bak mandi tanpa ada perantara. Maughan menamai penemuannya ini "Geysir" , bahkan hingga kini di Inggris water heater masih sering disebut geysir.

Suatu saat seorang ahli teknik asal norwegia, Edwin Rudd memutuskan untuk bermigrasi ke Amerika, tepatnya ke Pittsburgh, Pennsylvania. Di kota itu ia menemukan blue print atau cetak biru water heater instan pertama buatan Maughan. Penemuan ini menjadi inspirasi, lalu Rudd mengembangkan penemuan ini menjadi mesin water heater otomatis. Akhirnya ia berhasil membuat water heater otomatis pertama di sekitar tahun 1889, Mesin ini berupa wadah berbentuk tangki penyimpanan air yang suhu airnya bisa di atur secara mekanis dan didistribusikan melalui pipa penyaluran air. Pemanas Air terjadi melalui proses *termodinamika* yang mengambil sumber energi (seperti listrik, gas, uap ataupun tenaga matahari) untuk memanaskan air dari suhu awalnya. Dibawah ini adalah elemen dari pemanas air:



Gambar 2.4. *Elemen Pemanas Air (Heater)*

(Sumber : http://202.67.224.139/pfimage/10/253610_finnedheater.jpg)

Dewasa ini water heater sudah semakin berkembang, dan sudah banyak sekali sistem yang di pakai dan bahan baku yang semakin baik dari ke hari. Hal ini demi kepuasan konsumen yang mengharapkan water heater terbaik untuk mereka. Ada banyak jenis-jenis water heater seperti *Electrical Water Heater*, *Solar Water Heater*, *Air Conditioning Water Heater*, *Heat Pump Water Heater*, *Gas Water Heater*, Dan *Solar Rubber Pool Water Heater*.

Water Heater Listrik (*Electric Water Heater*), seperti namanya water heater ini menggunakan listrik sebagai energi utama untuk memanaskan air. *Electric Water Heater* terdiri dari 2 (dua) tipe yaitu, *Instan Elektrik Water Heater* dan Water Heater

Listrik dengan Penampungan. Lalu, *Solar Water Heater* adalah pemanas air yang memanfaatkan energi matahari yang gratis. Sering timbul salah pengertian dengan Pemanas air tipe ini. Banyak yang menganggap energi panas matahari di tangkap lalu di simpan di batere yang akan di gunakan untuk memanaskan air di dalam tangki. Padahal dari semua water heater yang beredar menurut saya justru tipe ini yang paling sederhana cara kerjanya. Air dingin yang mengalir justru langsung di panaskan matahari di kolektor lalu di simpan di tangki sampai akhirnya dipergunakan. *Solar Water Heater* terbagi 2 yaitu sistem pasif dan aktif. sistem pasif cenderung untuk kapasitas kecil buat rumah tangga sedangkan yang aktif biasanya untuk kapasitas besar seperti hotel, rumah sakit dll.

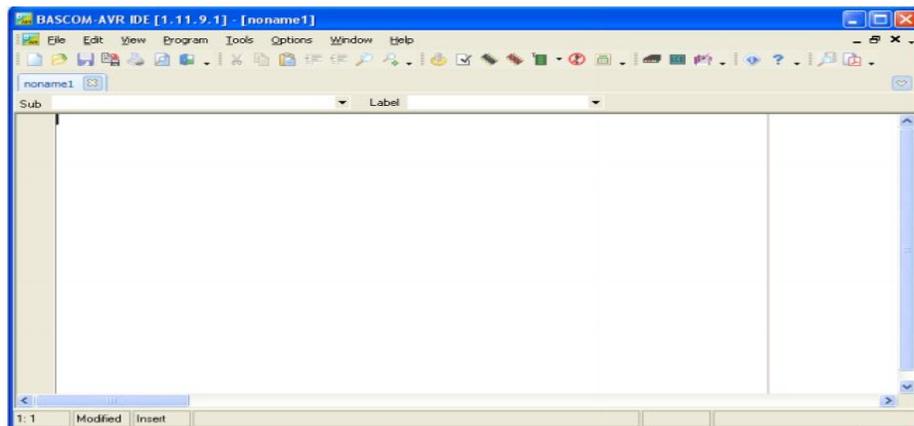
Air Conditioning Water Heater (ACWH), pemanas air jenis ini adalah dengan memanfaatkan panas freon dari AC yang biasanya di buang. Freon yang panas dialirkan ke Heat Exchanger yang akan memanaskan air di tangki penampungan. Yang keempat adalah *Heat Pump Water Heater*, heater jenis ini cara kerjanya tidak berbeda dengan ACWH, hanya saja di Heat Pump semua sudah menjadi satu kesatuan yang didesain untuk air panas, sedangkan ACWH memanfaatkan AC yang sudah ada, sehingga harus kita modifikasi untuk bisa di salurkan ke tangki penampungan.

Gas Water Heater, pemanas air ini menggunakan gas (baik gas elpiji ataupun gas alam) sebagai sumber energi untuk memanaskan air. Caranya dengan pembakaran seperti kompor gas. Pipa yang dalamnya mengalir air dingin langsung di panasi, sehingga air yang keluar langsung panas tanpa perlu di tampung terlebih dahulu dan yang terakhir adalah *Solar Rubber Pool Heating*. Pemanas air ini di desain untuk kolam renang dengan memanfaatkan panas matahari. cara kerjanya hampir sama dengan solar water heater, hanya untuk kolektor atau penangkap panas menggunakan panel karet (*polymer*) yang tahan terhadap chlor atau zat kimia kolam renang. sistem pemanasan ini tidak menggunakan tangki penampungan, justru kolam renang itu sendirilah sebagai tangki penampungan dan di sirkulasi langsung.

2.4. Bascom AVR

Bascom AVR atau yang biasa disebut basic compiler adalah suatu piranti lunak yang termasuk bahasa tingkat tinggi yang sangat mudah untuk dipelajari. Sebagai compiler, yaitu perubah instruksi dari bahasa basic ke file yang berbentuk hexa dengan tujuan dimengerti oleh mesin atau mikrokontroler, sehingga mikrokontroler mampu menerjemahkan instruksi-instruksi yang kita buat dengan benar dan tepat. (Abdul, 2011:9)

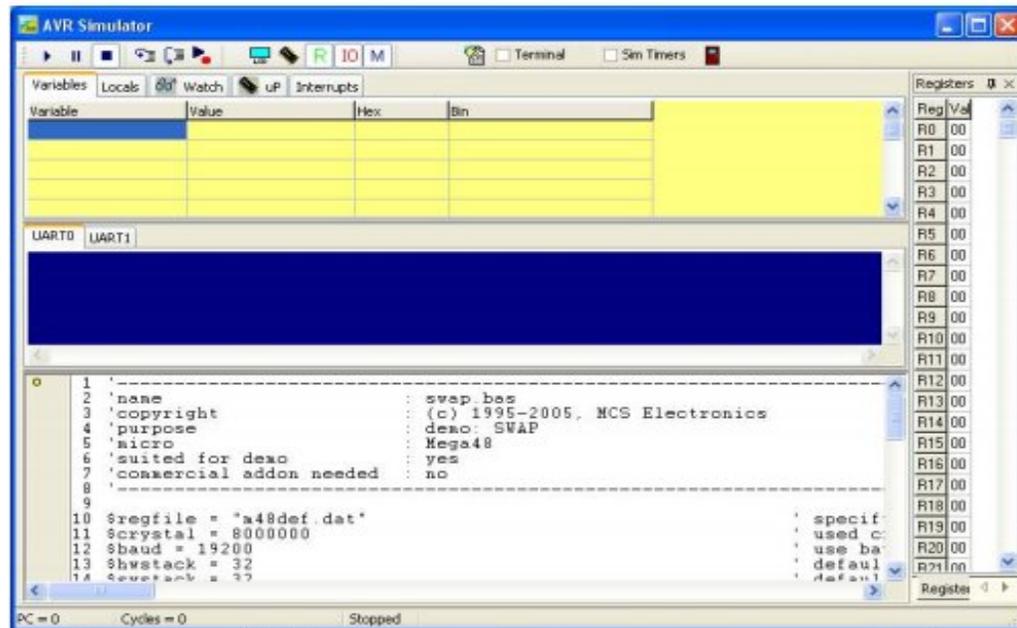
Ketika program BASCOM-AVR dijalankan dengan mengklik icon BASCOM-AVR, maka jendela berikut akan tampil :



Gambar 2.5. Tampilan Jendela Program BASCOM-AVR

(Sumber : Dokumen Pribadi)

BASCOM-AVR menyediakan pilihan yang dapat mensimulasikan program. Program simulasi ini bertujuan untuk menguji suatu aplikasi yang dibuat dengan pergerakan LED yang ada pada layar simulasi dan dapat juga langsung dilihat pada LCD, jika kita membuat aplikasi yang berhubungan dengan LCD.



Gambar 2.6. *Tampilan Simulasi BASCOM-AVR*

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Intruksi yang dapat digunakan pada editor Bascom-AVR relatif cukup banyak dan tergantung dari tipe dan jenis AVR yang digunakan.

2.5. Sensor Suhu LM 35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh National Semiconductor. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah

Jenis yang pertama adalah Thermokopel, alat ini berfungsi sebagai sensor suhu rendah dan tinggi antara 3000°F sampai 30000°F . Alat ini dibentuk dari dua buah penghantar yang jenisnya berbeda seperti besi dan konstantan yang dililit bersamaan. Sensor suhu ini digunakan oleh Johan Seebeck pada tahun 1820 dengan namanya Efek Seebeck. Berikutnya ada Thermistor, atau bisa disebut juga dengan *Thermal Resistor* atau *Thermal Sensitive Resistor*. Alat ini berfungsi untuk mengubah suhu menjadi hambatan listrik yang berbanding terbalik dengan berubahnya suhu. Semakin tinggi suhu maka semakin kecil hambatan listriknya. Thermistor biasanya dibuat dari bahan oksida logam campuran, kromium, kobalt, tembaga, besi, atau nikel. Thermistor memiliki tiga bentuk antara lain; butiran, keping dan batang.

Lalu yang ketiga adalah RTD atau *Resistance Temperatur Detectors*. Alat ini fungsinya adalah untuk mengubah suhu menjadi hambatan listrik yang sebanding dengan perubahan suhu. Semakin tinggi suhu, maka hambatan listriknya semakin besar. RTD adalah sensor suhu yang terbuat dari kumparan kawat platinum pada papan berbentuk isolator. Alat yang terakhir adalah IC LM 35, fungsinya untuk mengubah suhu menjadi tegangan tertentu yang sesuai dengan perubahan suhu. Alat ini paling terkenal karena mudah diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Alat ini biasanya digunakan pada sistem monitor rumah kaca atau sensor suhu ruang pada laboratorium kimia.

Sensor suhu IC LM 35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM 35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 Volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (self heating) kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$, dapat dioperasikan dengan menggunakan power supply tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (interface) rangkaian control yang sangat mudah.

IC LM 35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai pengubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ yang berarti bahwa kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10mV.

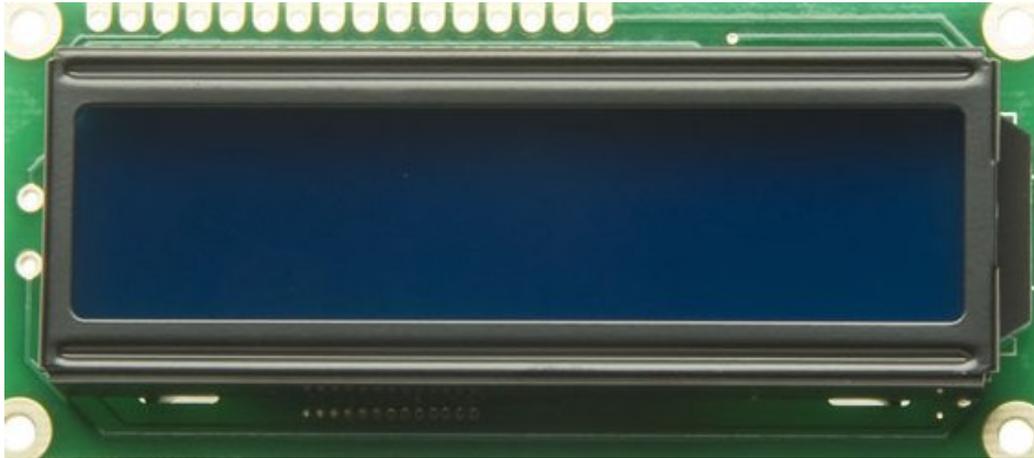
2.6. LCD (*Liquid Crystal Display*)

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

Dalam menampilkan numeric kristal yang dibentuk menjadi bar, dan dalam menampilkan *alfanumerik* kristal hanya diatur kedalam pola titik. Setiap kristal memiliki sambungan listrik individu sehingga dapat dikontrol secara independen. Ketika kristal *off* (yakni tidak ada arus yang melalui kristal) cahaya kristal terlihat sama dengan bahan latar belakangnya, sehingga kristal tidak dapat terlihat. Namun ketika arus listrik melewati kristal itu akan merubah bentuk dan menyerap lebih banyak cahaya. Hal ini membuat kristal terlihat lebih gelap dari penglihatan mata manusia sehingga bentuk titik atau bar dapat dilihat dari perbedaan latar belakang.

Sangat penting untuk menyadari perbedaan antara layar LCD dan layar LED. Sebuah LED *display* (sering digunakan dalam radio jam) terdiri dari sejumlah LED yang benar-benar mengeluarkan cahaya (dan dapat dilihat dalam gelap). Sebuah layar LCD hanya mencerminkan cahaya, sehingga tidak dapat dilihat dalam gelap.

Memori LCD terdiri dari 9.920 bit CGROM, 64 byte CGRAM dan 80x8 bit DDRAM yang diatur pengalamatannya oleh *Address Counter* dan akses datanya (pembacaan maupun penulisan datanya) dilakukan melalui registrasi data.



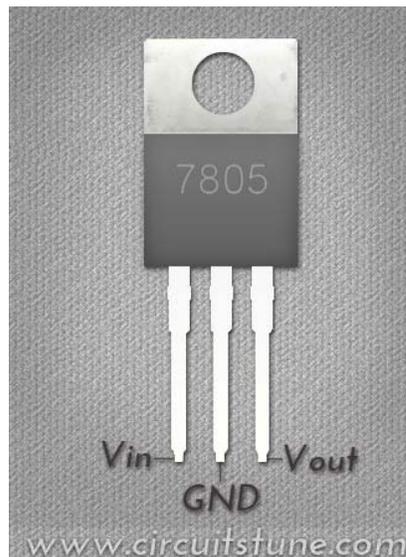
Gambar 2.9. *LCD 16x2 Character*

(Sumber : <http://www.rapidonline.com/catalogueimages/Product/S57-2228P01WL.jpg>)

2.7. IC Regulator

IC Regulator atau sering disebut sebagai regulator tegangan (voltage regulator) merupakan suatu komponen elektronik yang melakukan suatu fungsi yang penting dan berguna dalam perangkat elektronik baik digital maupun analog. Hal yang dilakukan oleh IC Regulator ini adalah menstabilkan tegangan yang melewati IC tersebut. Setiap IC Regulator mempunyai rating tegangannya sendiri-sendiri. Sebagai contoh, IC regulator dengan nomor 7805 merupakan regulator tegangan 5volt. Yang artinya selama tegangan masukan lebih besar dari tegangan keluaran maka akan dikeluarkan tegangan sebesar 5 volt. Jadi tegangan yang dimasukkan ke dalam IC ini bisa dapat berupa tegangan 9 volt, 12 volt yang berasal dari power supply. Untuk mengenal rating tegangan dari suatu IC bisa dilihat dari nomor IC regulator yang dipakai. Misalnya 7805 adalah regulator untuk mendapat tegangan +5 volt, 7812 regulator tegangan +12 volt dan seterusnya. Sedangkan seri 79XX misalnya 7905 dan 7912 yang berturut-turut adalah regulator tegangan -5 volt dan -12 volt. (*Chattopadhyay, 1989:22-24*)

IC LM 7805 Voltage Regulator adalah regulator tegangan yang outputnya +5 Volt. Cara mudah untuk mengingat tegangan output dari regulator tegangan seri LM 78xx adalah dua digit terakhir dari nomor tersebut. Sebuah LM 7805 berakhir dengan “05”, oleh karena itu outputnya adalah 5 volt. Bagian “78” hanya penanda konvensi dari pembuat chip, digunakan untuk menunjukkan serangkaian regulator tegangan output yang positif.



Gambar 2.10. Pin-pin IC Regulator 7805

(Sumber : http://4.bp.blogspot.com/-reCqe3JaAFw/UF3bMDHUFMI/AAAAAAAAA88/1aBU_i8sx-Y/s1600/7805-Voltage-Regulator-Pinout.jpg)

IC seri 78xx tidak memerlukan komponen tambahan untuk menyediakan tegangan yang konstan, sumber daya yang bisa diatur, membuatnya mudah digunakan, serta penggunaan yang ekonomis serta efisien ruang. Regulator tegangan lainnya mungkin memerlukan komponen tambahan untuk mengatur tingkat tegangan keluaran, atau untuk membantu dalam proses regulasi. Beberapa desain lain (seperti model switched power supply). Mungkin perlu keahlian substansial untuk menggunakannya.

IC seri 78xx memiliki built-in protection untuk mencegah rangkaian memakan terlalu banyak daya listrik. Memiliki perlindungan terhadap overheating dan short circuit. Dalam beberapa kasus, fitur pembatas arus dari perangkat 78xx dapat memberikan perlindungan tidak hanya untuk 78xx itu sendiri, tetapi juga untuk bagian lain dari rangkaian elektronika.

Tegangan input harus selalu lebih tinggi dari tegangan outputnya, dengan minimum 2 volt lebih tinggi. IC ini didasarkan pada desain regulator linear, arus input yang dibutuhkan adalah selalu sama dengan arus keluaran, sedangkan tegangan input harus selalu lebih tinggi dari tegangan output, ini berarti bahwa daya total (tegangan dikalikan dengan arus) masuk ke 78xx akan lebih besar dari daya keluaran yang disediakan. Sebagian daya input akan hilang sebagai panas. Ini berarti bahwa baik untuk beberapa aplikasi yang memadai heatsink pada IC harus disediakan, dan juga sebagian dari daya input yang terbuang selama proses tersebut, membuatnya menjadi kurang efisien daripada beberapa jenis lain model power supply. Ketika tegangan input secara signifikan lebih tinggi dari tegangan outputnya (misalnya memakai 7805 untuk mendapatkan 5 Volt tapi dengan menggunakan sumber listrik 24 Volt), inefisiensi ini akan bisa menjadi masalah yang signifikan.

2.8. Catu Daya

Catu daya power supply adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari berbagai macam komponen yang dirangkai sedemikian rupa sehingga membentuk suatu sistem yang berfungsi sebagai sumber daya arus searah (DC) yang diperlukan untuk menghidupkan peralatan elektronika. (*Dedy, 2001:8*)

Catu Daya berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC yang teregulasi. Input jala-jala melalui transformator diturunkan tegangan dan penyearah menjadi tegangan searah DC. Penyearah ini menggunakan dioda-dioda yang disusun sedemikian rupa atau dengan diode bridge yang memiliki input dan output. Untuk mendapatkan keluaran DC yang baik, maka setelah disearahkan oleh penyearah, tegangan difilter atau disaring untuk catu daya. Untuk catu daya yang

menggunakan regulator, biasanya digunakan filter kapasitor. Dengan adanya filter ini maka factor ripple akan berkurang. Untuk kebutuhan arus 1 Ampere digunakan 78XX.

Catu daya pada prinsipnya terdiri dari empat bagian : trafo, penyearah, kondensator sebagai tapis lolos rendah dan regulasi elektronik. Trafo dipergunakan untuk mentransformasikan AC dari 200V menjadi lebih kecil sehingga bisa dikelola oleh rangkaian regulasi linier. Penyearah yang terdiri dioda-dioda mengubah voltase bolak-balik menjadi voltase searah, tetapi voltase hasil dari penyearah itu masih kurang konstan, artinya masih mengalami perubahan periodic yang besar. Oleh sebab itu, diperlukan kondensator sehingga voltase tersebut cukup rata untuk diregulasi oleh rangkaian regulasi yang bisa menghasilkan voltase DC yang baik dan konstan.

2.9. Resistor

Resistor atau tahanan adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengatur kuat arus yang mengalir. Lambang untuk resistor dengan huruf R, nilainya dinyatakan dengan cincin-cincin berwarna dalam OHM (Ω).

Resistor adalah komponen elektronik dua kutub yang didesain untuk mengatur tegangan listrik dan arus listrik, dengan resistansi tertentu (tahanan) dapat memproduksi tegangan listrik di antara kedua kutubnya. Nilai tegangan terhadap resistansi berbanding dengan arus yang mengalir berdasarkan hukum ohm.

$$V = I R$$

$$? = \frac{?}{?}$$

Resistor digunakan sebagai bagian dari rangkaian elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam komponen dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti nikel-kromium).

Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Karakteristik lain termasuk koefisien suhu, derau listrik (noise), dan induktansi.

Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki bergantung pada desain sirkuit, kebutuhan daya resistor harus cukup dan disesuaikan dengan kebutuhan arus rangkaian agar tidak terbakar. Ohm (simbol: Ω) adalah satuan SI untuk resistansi listrik, diambil dari nama Georg Ohm. Satuan yang digunakan prefix:

1. Ohm = Ω
2. Kilo Ohm = $k\Omega$
3. Mega Ohm = $M\Omega$

Resistor komposisi karbon terdiri dari sebuah unsur resistif berbentuk tabung dengan kawat atau tutup logam pada kedua ujungnya. Badan resistor dilindungi dengan cat atau plastik. Resistor komposisi karbon lawas mempunyai badan yang tidak terisolasi, kawat penghubung dililitkan disekitar ujung unsur resistif dan kemudian disolder. Resistor yang sudah dicat dengan kode warna sesuai dengan nilai resistansinya.

Unsur resistif dibuat dari campuran serbuk karbon dan bahan isolator (biasanya keramik). Resin digunakan untuk melekatkan campuran. Resistansinya ditentukan oleh perbandingan dari serbuk karbon dengan bahan isolator. Resistor komposisi karbon sering digunakan sebelum tahun 1970-an, tetapi sekarang tidak terlalu populer karena resistor jenis lain mempunyai karakteristik yang lebih baik, seperti toleransi, kemandirian terhadap tegangan (resistor komposisi karbon berubah resistansinya jika dikenai tegangan lebih), dan kemandirian terhadap tekanan/regangan. Selain itu, jika resistor menjadi lembab, panas solder dapat mengakibatkan perubahan resistansi dan resistor menjadi rusak. Walaupun begitu, resistor ini sangat reliable jika tidak pernah diberikan tegangan lebih ataupun panas lebih. Resistor ini masih diproduksi, tetapi relative cukup mahal.

Selapis film karbon diendapkan pada selapis substrat isolator, dan potongan memilin dibuat untuk membentuk jalur resistif panjang dan sempit. Dengan mengubah lebar potongan jalur, ditambah dengan resistivitas karbon (antara 9 hingga $4\mu\Omega\text{-cm}$) dapat memberikan resistansi yang lebar. Resistor film karbon memberikan rating daya antara 1/6 W hingga 5 W pada 70 °C. Resistansi tersedia antara 1 Ω hingga 10 M Ω . Resistor film karbon dapat bekerja pada suhu diantara -55 °C. Ini mempunyai tegangan kerja maksimum 200 V hingga 600 V.

Unsur resistif utama dari resistor foil adalah sebuah foil logam paduan khusus setebal beberapa kilometer. Resistor foil merupakan resistor dengan presisi dan stabilitas terbaik. Salah satu parameter penting yang mempengaruhi stabilitas adalah koefisien temperature dan resistansi (TCR). TCR dari resistor foil sangat rendah. Resistor foil ultra presisi mempunyai TCR sebesar 0.14ppm/°C, desah -42dB, koefisien tegangan 0.1ppm/V, induktansi 0.08 μH , kapasistansi 0.5pF.

Resistor aksial biasanya menggunakan pola pita warna untuk menunjukkan resistansi. Resistor pasang-permukaan ditandas secara numerik jika cukup besar untuk dapat ditandai, biasanya resistor ukuran kecil yang sekarang digunakan terlalu kecil untuk dapat ditandai. Kemasan biasanya cokelat muda, cokelat, biru atau hijau, walaupun begitu warna lain juga mungkin, seperti merah tua atau abu-abu. Resistor awal abad ke-20 biasanya tidak diisolasi dan dicelupkan ke cat untuk menutupi seluruh badan untuk pengkodean warna. Warna kedua diberikan pada salah satu ujung.

Identifikasi empat pita adalah skema kode warna yang paling sering digunakan. Ini terdiri dari empat pita warna yang dicetak mengelilingi badan resistor. Dua pita pertama merupakan informasi dua digit harga resistansi, pita ketiga merupakan faktor pengali (jumlah nol yang ditambahkan setelah dua digit resistansi) dan pita keempat merupakan toleransi harga resistansi. Kadang-kadang terdapat pita kelima yang menunjukkan koefisien suhu, tetapi ini harus dibedakan dengan sistem lima warna sejati yang menggunakan tiga digit resistansi.

Sebagai contoh, hijau-biru-kuning-merah adalah $56 \times 10^4 \Omega = 560 \text{ k}\Omega \pm 2\%$. Deskripsi yang lebih mudah adalah: pita pertama, hijau, mempunyai harga 5 dan pita kedua, biru, mempunyai harga 6, dan keduanya dihitung sebagai 56. Pita ketiga, kuning, mempunyai harga 10^4 , yang menambahkan empat nol di belakang 56, sedangkan pita keempat, merah, merupakan kode untuk toleransi $\pm 2\%$, memberikan nilai 560.000Ω pada keakuratan $\pm 2\%$.

Tabel 2.1. Kode Warna Resistor dan nilainya

Warna	Pita Pertama	Pita Kedua	Pita Ketiga (pengali)	Pita Keempat (toleransi)	Pita Kelima (koefisien Suhu)
Hitam	0	0	$\times 10^0$		
Cokelat	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
Merah	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
Jingga	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Kuning	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Hijau	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
Biru	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
Ungu	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
Abu-abu	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
Putih	9	9	$\times 10^9$		
Emas				$\pm 5\%$ (J)	
Perak				$\pm 10\%$ (K)	
Kosong				$\pm 20\%$ (M)	

(Sumber : <http://wikipedia.org/wiki/Resistor>)

Identifikasi lima pita digunakan pada resistor presisi (toleransi 1%, 0,5%, 0.25%, 0.1%), untuk memberikan harga resistansi ketiga. Tiga pita pertama menunjukkan harga resistansi, pita keempat adalah pengali, dan yang kelima adalah toleransi.

Resistor lima pita dengan pita keempat berwarna emas atau perak kadang-kadang diabaikan, biasanya pada resistor lawas atau penggunaan khusus. Pita keempat adalah toleransi dan yang kelima adalah koefisien suhu.

2.10. Kapasitor

Kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor memiliki satuan yang disebut Farad dari nama Michael Faraday. Kapasitor juga dikenal sebagai “kondensator”, namun kata “kondensator” masih dipakai hingga saat ini. Pertama disebut oleh Alessandro Volta seorang ilmuwan Italia pada tahun 1782 (dari bahasa Itali *condensatore*), berkenaan dengan kemampuan alat untuk menampung suatu muatan listrik yang tinggi dibanding komponen lainnya. Kebanyakan bahasa dan negara yang tidak menggunakan bahasa Inggris masih mengacu pada perkataan bahasa Italian “*condensatore*”, bahasa Perancis *condensateur*, Indonesia dan Jerman *Kondensator* atau Spanyol *Condensador*.

Ketika kapasitor digunakan pada suatu rangkaian elektronik yang tersambung pada sumber tegangan maka akan terjadi pengisian pada kapasitor. Sedangkan ketika tegangan diputus, kapasitor masih memiliki tegangan tersisa yang akan menggantikan tegangan *input* sampai tegangan tersebut habis.

Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu kutub positif dan kutub negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. Sedangkan jenis satunya lagi kebanyakan nilai kapasitasnya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif atau negatif pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau dan lainnya seperti tablet atau kancing baju.

Namun kebiasaan dan kondisi serta artikulasi bahasa setiap negara tergantung pada masyarakat yang lebih sering menyebutkannya. Kini kebiasaan orang tersebut hanya menyebutkan salah satu nama yang paling dominan digunakan atau lebih sering didengar. Pada masa kini, kondensator sering disebut kapasitor (*capacitor*) ataupun sebaliknya yang pada ilmu elektronika disingkat dengan huruf (C).

Satuan dari kapasitansi kapasitor adalah Farad (F). Namun Farad adalah satuan yang terlalu besar, sehingga digunakan:

1. Pikofarad (pF) = 1×10^{-12} F
2. Nanofarad (nF) = 1×10^{-9} F
3. Microfarad (μ F) = 1×10^{-6} F

Berdasarkan kegunaannya kondensator dibagi 3, yaitu kondensator tetap (nilai kapasitansinya tetap tidak dapat diubah), kondensator elektrolit (Electrolite Condenser = Elco), dan Kondensator variable (nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah).

2.11. Pompa Air (*Water Pump*)

Pompa menggerakkan cairan dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi. Untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi). Pompa untuk udara biasa disebut kompresor, kecuali untuk beberapa aplikasi bertekanan rendah seperti di ventilasi, pemanas dan pendingin ruangan maka sebutannya menjadi fan atau penghembus (*blower*).

Salah satu alat yang penting dalam proses pengolahan air adalah pompa air. Alat ini berfungsi mendistribusikan air, menyalurkan air ke konsumen dan sebagainya. Jenis-jenis pompa air pun sangat banyak tergantung dari kegunaannya. Seperti contohnya pompa air manual, pompa air listrik, pompa air bensin/solar (*diesel*) dan pompa air celup (*submersible*).

Pompa dibedakan dalam berbagai jenis, salah satunya ialah Pompa Baling Berayun (*swinging-vane pump*), pompa ini memiliki sederetan baling berayun yang akan keluar bila rotor berputar, menjebak cairan dan memaksanya keluar melalui pipa pembuangan