

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Inkubator Bayi

Inkubatorbayi adalah sebuah ruang kotak atau bok yang tertutup dengan suhu yang selalu dijaga agar tidak melebihi batas. Rata-rata suhu dalam inkubatorbayi adalah hampir sama dengan suhu kandungan ibu ($28 - 38^{\circ}\text{C}$) karena bayi yang baru lahir masih belum siap beradaptasi dengan suhu lingkungan luar. Inkubator bayi berfungsi menjaga temperatur bayi supaya tetap stabil ($36,5 - 37,5^{\circ}\text{C}$)^[1]. Inkubatorbayi diciptakan karena banyak proses persalinan bayi yang belum siap beradaptasi dengan suhu sekitar yang lebih rendah dari pada suhu kandungan ibu. Terutama untuk bayi yang dilahirkan dalam keadaan prematurityaitu bayi yang lahir kurang bulan menurut masa *gestasinya* (usia kehamilan).

Seperti bayi normal, bayi prematur juga memperoleh kekebalan tubuh dari ibunya. Tapi, pada bayi prematur kekebalan yang didapat lebih sedikit daripada bayi normal, karena sebelum daya tahan itu terbentuk cukup, ia sudah harus dilahirkan. Inilah yang menyebabkan bayi prematur sangat rentan terhadap penyakit infeksi. Di rumah sakit, bayi yang lahir prematur akan diletakkan dalam alat khusus, yaitu inkubator. Inkubator merupakan alat yang dilengkapi dengan pengatur suhu dan kelembaban udara agar bayi selalu hangat. Bila bayi prematur lahir dengan berat

badan <1500 gram, maka suhu dalam inkubator harus berkisar antara 35°C. Apabila berat badannya antara 1500 - 2000 gram, suhu inkubator harus sekitar 34°C. Dan apabila berat badannya antara 2100 - 2500 gram, suhu inkubator harus sekitar 33°C. Suhu inkubator akan diturunkan secara bertahap setiap 10-14 hari sebanyak 1°C, sehingga akhirnya bayi bisa menyesuaikan diri dengan lingkungan luarnya^[4].

Selain berfungsi sebagai penghangat, inkubator juga berfungsi melindungi bayi dari bahaya infeksi. Di tempat ini, tersedia juga alat penyinaran sinar biru bagi bayi prematur yang mengalami peningkatan kadar bilirubin dalam darahnya (bayi kuning/jaundice) sebagai akibat hati bayi yang belum bekerja sempurna. Biasanya, bayi dalam inkubator akan dibiarkan telanjang untuk mempermudah pemantauan, yang bisa dilihat dari gerak pernafasan serta warna kulit. Dengan demikian, bila ada kelainan bisa segera diketahui.

Range pengaturan suhu pada Inkubator bayi yaitu berkisar antara 28 – 38°C.



Gambar 2.1 Inkubator Bayi

Pada gambar di atas dapat dilihat model dari inkubator bayi yang saat ini digunakan pada beberapa instansi kesehatan khususnya pada rumah sakit atau pun klinik persalinan. Pada gambar A merupakan inkubator bayi yang sudah menggunakan teknologi yang memadai dengan bentuk dan kontrol otomatis serta dengan tingkat keakuratan yang baik, namun pada gambar B merupakan inkubator bayi konvensional dimana pengontrolan suhu masih bersifat manual dan dengan teknologi yang kurang memadai.

B. Fault Tolerance

Fault tolerance adalah suatu sistem yang dapat melanjutkan tugasnya dengan benar meskipun terjadi kegagalan perangkat keras (*hardware failure*) dan kesalahan perangkat lunak (*software error*). *Fault tolerance* merupakan perlengkapan yang memungkinkan sistem untuk mencapai operasi *fault-tolerant*. Istilah *fault-tolerant* komputing menggambarkan proses pelaksanaan perhitungan seperti yang dilakukan komputer, dalam cara *fault-tolerant*.

Fault tolerance adalah sistem perlengkapan yang dirancang didalam suatu sistem untuk mencapai tujuan perancangannya. Sebagai rancangan maka harus sesuai dengan fungsi dan tujuan kerjanya, hal ini memerlukan pemenuhan kebutuhan lain. Ada tiga istilah pokok dalam rancangan fault tolerance yaitu, *fault*, *error*, dan *failure*. Ketiganya mempunyai hubungan sebab dan akibat. Tegasnya, *fault* adalah penyebab *error*, dan *error* adalah penyebab *failure*. *Fault* (kerusakan) adalah kerusakan fisik, ketidak sempurnaan, atau kerusakan yang terjadi di dalam komponen perangkat keras atau lunak. Contoh *fault-short* (hubungan singkat)

antara konduktor listrik, open atau break dalam konduktor, atau kerusakan fisik atau ketidak sempurnaan dalam *device* semikonduktor. Demikian juga pemakai ingin membuat katup *off*, sistem akan mengalami kegagalan. *Fault* dapat disebabkan oleh bermacam-macam hal yang terjadi di dalam komponen elektronika, diluar komponen, atau selama komponen tersebut atau proses perancangan sistem. Hal ini sangat penting untuk memahami semua kemungkinan penyebab *fault*. Untuk memahami bermacam-macam penyebab *fault*, kita pertama-tama memeriksa proses rancangan khusus untuk mengidentifikasi bidang-bidang dimana *fault* dapat terjadi.

Kemungkinan penyebab *fault* dapat dihubungkan dengan permasalahan pada empat bidang dasar yaitu : spesifikasi, implementasi, komponen, dan faktor luar.

1. Kesalahan spesifikasi (*Specification Mistake*)

Ini termasuk algoritma, arsitektur, atau spesifikasi perancangan *hardware* dan *software* yang salah.

2. Kesalahan implementasi (*Implementation Mistake*)

Implementasi, yang didefinisikan di sini, adalah proses transformasi spesifikasi hardware dan software ke dalam bentuk fisik hardware dan software sebenarnya. Implementasi dapat memasukkan *fault* yang disebabkan design yang jelek, pemilihan komponen yang jelek, konstruksi jelek, kesalahan perngkodean software.

3. Kerusakan komponen (*Component Defect*)

Ketidak sempurnaan manufaktur, kerusakan device acak, dan komponen using adalah contoh jenis kerusakan komponen. Kerusakan dapat diakibatkan putusnya

ikatan dalam rangkaian atau korosi logam. Kerusakan komponen paling umum dipertimbangkan sebagai salah satu dari beberapa penyebab fault.

4. Gangguan luar (*External Disturbance*)

Seperti : radiasi, interfensi elektromagnetik, kerusakan akibat perang, kesalahan operator dan lingkungan yang ekstrim.

Ada tiga bentuk teknik utama usaha memperbaiki atau memelihara unjuk kerja normal sistem yaitu :*fault avoidance*, *fault masking*, dan *fault tolerance*.

a. *Fault avoidance*

Fault avoidance adalah teknik yang digunakan untuk mencegah *fault* pada tempat yang pertama. *Fault avoidance* dapat termasuk hal-hal seperti : tinjauan design, penyaringan komponen, testing, metode kontrol kualitas lainnya. Jika tinjauan design misalnya, dilakukan dengan tepat, banyak kesalahan spesifikasi yang dapat mengakibatkan fault dapat dihilangkan. Juga sistem dapat sering dilindungi untuk mencegah gangguan luar yang menimbulkan fault dalam sistem seperti halilintar atau radiasi. Perlindungan adalah bentuk *fault avoidance*.

b. *Fault masking*

Fault masking adalah proses yang mencegah kerusakan dalam sistem dari error yang masuk ke dalam susunan informasi dari sistem tersebut. *Error correcting memories*, sebagai contohnya, memperbaiki data memori sebelum sistem memakai data. Jadi sistem tidak pernah mengalami dampak kerusakan dalam memori. Contoh lain dari *fault masking* adalah pengambilan suara mayoritas. Jika komite tiga orang membuat keputusan dengan voting ya atau tidak dalam suatu perbandingan, setiap saat vote yang disetujui menentukan keputusan dari komite.

Keputusan yang dihasilkan oleh komite mewakili keinginan mayoritas anggota komite dan menutupi (*mask*) keinginan dari anggota yang mungkin saja tidak setuju dengan mayoritas. Teknik yang samadapat diterapkan pada sistem digital sedemikian hingga dua modul dapat menutupi akibat dari modul yang rusak.

c. *Fault tolerance*

Fault tolerance adalah kemampuan sistem untuk melanjutkan tugasnya setelah terjadinya kerusakan. Sasaran pokok *fault tolerance* adalah mencegah kegagalan (*failure*) sistem jika sekiranya terjadi. Karena *failure* disebabkan langsung oleh error, istilah *fault tolerance* dan *error tolerance* sering digunakan saling bertukaran.

Fault tolerance dapat dicapai dengan banyak teknik. Tentu saja *fault masking* adalah salah satu pendekatan untuk mentolerir *fault* yang terjadi. Pendekatan lainnya adalah mendekripsi dan melokasikan *fault* yang terjadi dan rekonfigurasi sistem untuk mengganti komponen yang rusak.

Rekonfigurasi adalah proses penghilangan bagian sistem yang rusak dan memperbaiki sistem pada kondisi atau keadaan operasional. Jika teknik rekonfigurasi digunakan, perancang harus memperhatikan proses-proses berikut ini:

1. *Fault detection* adalah proses pengenalan apakah sebuah *fault* terjadi. *Fault detection* sering digunakan sebelum prosedur pemulihan dapat diimplementasikan.

2. *Fault location* adalah proses penentuan dimana *fault* terjadi sehingga pemulihan yang tepat dapat diimplementasikan.
3. *Fault containment* adalah proses pengisolasian *fault* dan mencegah akibat *fault* menyebar ke seluruh sistem. *Fault containment* dibutuhkan dalam semua rancangan *fault tolerance*.
4. *Fault recovery* adalah proses dari penetapan operasional atau peroleh kembali status operasional lewat rekonfigurasi jika sekiranya ada *fault*.

C. Perangkat Keras

1. Sensor Suhu LM35

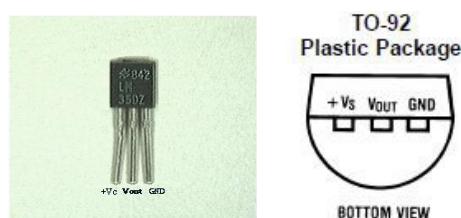
Sensor adalah piranti yang menghasilkan sinyal keluaran yang sebanding dengan parameter yang diindera (*sensing*). Sensor LM35 adalah sensor suhu yang memberikan keluaran berupa perubahan tegangan, dengan nilai perubahan tegangan keluaran yang sebanding dengan perubahan suhu dalam derajat celcius (°C). Setiap perubahan suhu 1°C akan memberikan perubahan tegangan keluaran sebesar 10mV, sehingga pada suhu 0 °C keluarannya adalah 0 V dan pada perubahan suhu 100 °C keluarannya sebesar 1 V. Dengan nilai perubahan suhu yang linier sensor suhu LM35 tidak memerlukan kalibrasi karena tegangan keluarannya telah sebanding dengan kenaikan suhu dalam skala derajat celcius (°C).

Tegangan kerja dari sensor suhu LM35 adalah 4 sampai 30 Volt DC dan arus yang dibutuhkan sebesar 60 µA, sehingga borosan kalor internal sangat kecil dan panas internal yang dibangkitkan sangat kecil (0,08 °C). Keuntungan lain yang

diperoleh dari sensor suhu LM35 adalah rentang pengukuran yang sangat luas yaitu dari -50°C sampai 150°C . Selain itu ada beberapa kelebihan dari sensor suhu LM35 dari sensor temperatur lain adalah:

- Hasil pengukuran lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan *thermistor*.
- Rangkaian sensor tertutup dan tidak bergantung (tidak terpengaruh) pada oksidasi.
- Sensor suhu LM35 menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dibandingkan dengan *thermocouple* dan tegangan keluaran tidak perlu diperbesar.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa sensor LM35 hanya membutuhkan arus sebesar $60\ \mu\text{A}$ hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C .



Gambar 2.2Sensor suhu LM35

Gambardi atas menunjukan bentuk dari sensor LM35, 3 pin sensor LM35 fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 sebagai sumber tegangan kerja dari sensor

LM35, pin 2 atau tengah sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dan pin 3 sebagai ground. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajad celcius. Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

- a. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dansuhum Volt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
- b. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25°C
- c. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai +150°C
- d. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- e. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μ A.
- f. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
- g. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- h. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

2. Mikrokontroler ATMega16^[5]

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mikroprosesor dimana di dalamnya sudah terdapat CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM (*Electrically Erasable Programmable read only Memori*), I/O, Timer dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu *chip* yang siap

pakai.Umumnya mikrokontroler memiliki instruksi manipulasi bit, akses ke I/O secara langsung, proses interupsi yang cepat dan efisien. Penggunaan mikrokontrolersudah banyak dapat ditemui dalam berbagai peralatan elektronik, seperti telepon digital, *microwave oven*, televisi, dan lain-lain. Mikrokontroler juga dapat kita gunakan untuk berbagai aplikasi dalam industri seperti: sistem kendali, otomasi dan lain-lain.

Keuntungan menggunakan mikrokontroler adalah harganya murah, dapat diprogram berulangkali. AVR (*Alf and Vegard's Risk processor*), merupakan seri mikrokontroller CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, *timer/counter* fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal. AVR juga mempunyai sistem programmable flash on-chip yang mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial ATmega16.

Beberapa keistimewaan AVR ATmega16 antara lain:

a) Advanced RISC architecture

- 130 powerful instructions-most single clock cycle Execution.
- 32 x 8 General purpose fully static operation.
- Up to 16 MIPS throughput at 16 MHz.
- On-chip 2-cycle Multiplier.

b) Non volatile program and data memories.

- 8K Bytes of in-system self-programmable flash
- Optional Boot Code section with independent lock bits

- 512 Bytes EEPROM.
- 512 Bytes internal SRAM..
- Programming Lock for software security.

c) Peripheral Features.

- Two 8-bit Timer / counters with separate prescalers and compare mode.
- Two 8-bit Timer with separate prescalers and compare modes.
- One 16-bit timer with separate prescaler, compare mode
- Real time counter with separate oscillator.
- Four PWM channels.
- 8-channel, 10-bit ADC.
- Programmable serial USART.

d) Special Microcontroller Features.

- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection.
- Internal calibrated RC Oscillator.
- External and internal interrupt Sources.
- Six sleep modes : idle, ADC noise reduction power-save, power-down, standby and extended standby.

e) I/O and Package.

- 32 Programmable I/O Lines.
- 40-pin PDIP, 44-lead, TQFP, 44-lead PLCC and 44-pad MLF.

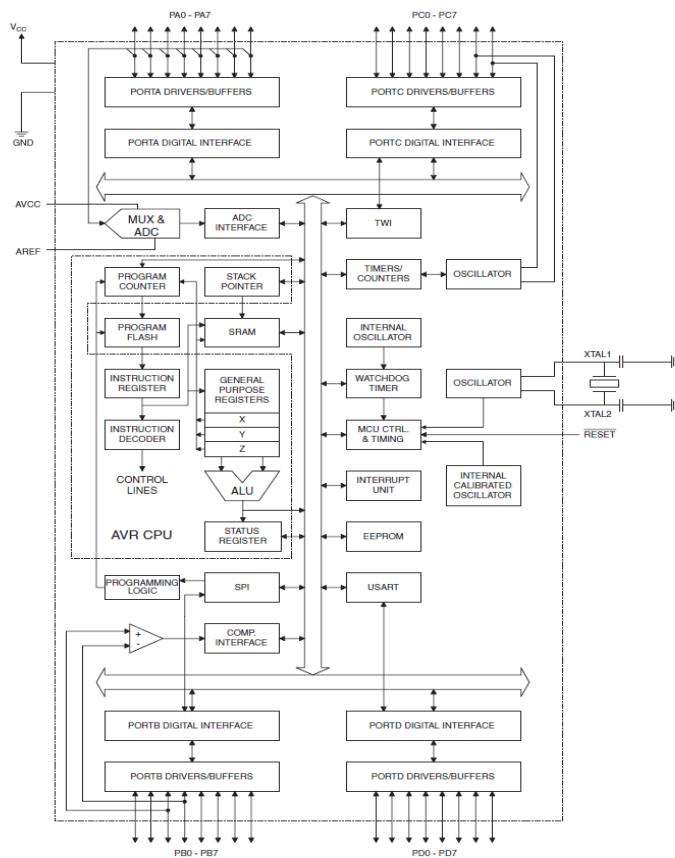
f) Operating Voltages.

- 2.7 – 5.5 V for Atmega 16L.

- 4.5 – 5.5 V for Atmega 16

a. Spesifikasi Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler ATmega16 memiliki fitur yang lengkap (ADC internal, EEPROM internal, *Timer/Counter*, *Watchdog Timer*, PWM, Port I/O, komunikasi serial, Komparator).



Gambar 2.3 Blok diagram fungsional ATmega16

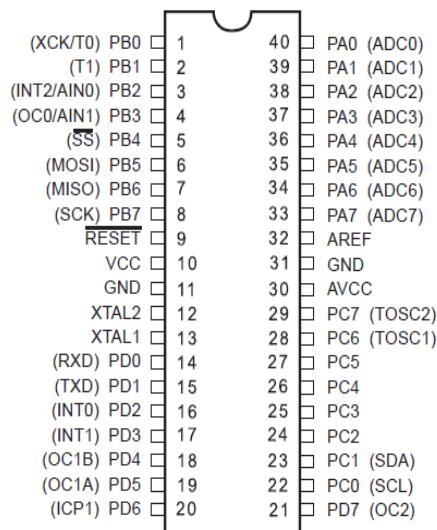
Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa ATmega16 memiliki bagian sebagai berikut:

- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *PortA*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- *ADC* 10 bit sebanyak 8 saluran.
- Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembanding

- *CPU* yang terdiri atas 32 buah register.
- *Watchdog Timer* dengan *osilator internal*.
- *SRAM* sebesar 1Kbyte.
- Memori *Flash* sebesar 16 Kbyte dengan kemampuan *Read While Write*.
- Unit interupsi internal dan eksternal.
- *Port* antarmuka *SPI*.
- *EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memori)* sebesar 512 byte yang diprogram saat operasi.
- Antarmuka komparator *analog*.
- *PortUSART* untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 12,5 Mbps.
- Sistem mikroprosesor 16 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.

b. Konfigurasi Pin ATmega16

Konfigurasi pin pada mikrokontroler ATmega16 yaitu :



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin ATmega16

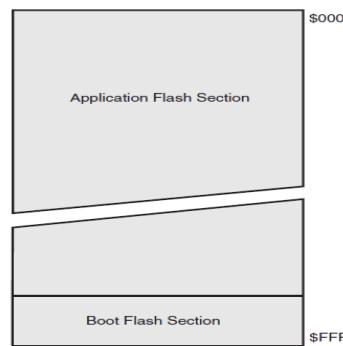
Konfigurasi *pin* pada mikrokontroller ATmega16 dapat dilihat pada Gambar 2.3 fungsi dari *pin* ATmega16 tersebut adalah sebagai berikut:

- *VCC* merupakan *Pin* yang berfungsi sebagai *pin* masukan catudaya
- *GND* merupakan *PinGround*
- *Port A* (PA0...PA7) merupakan *pin I/O* dan *pin* masukan ADC
- *Port B* (PB0...PB7) merupakan *pin I/O* dua arah dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*, komparator *analog* dan SPI
- *Port C* (PC0...PC7) merupakan *port I/O* dua arah dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator *analog* dan *Timer Oscillator*
- *Port D* (PD0...PD7) merupakan *port I/O* dua arah dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *interrupt* eksternal serta komunikasi serial
- *RESET* merupakan *pin* yang digunakan untuk mengembalikan kondisi mikrokontroler seperti semula
- *XTAL1* dan *XTAL2pin* untuk eksternal *clock*
- *AVCC* adalah *pin* masukan untuk tegangan *ADC*
- *AREF* adalah *pin* masukan untuk tegangan referensi eksternal *ADC*

c. Peta Memori ATmega16

- ❖ Memori Program

Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori 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 2.4. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.



Gambar 2.5 Memori data AVR ATmega16

❖ Memori Data

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 kontrol register, *timer/counter*, fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari 60 hingga 45F digunakan untuk SRAM internal.

❖ 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.

d. Perangkat Lunak

Bahasa pemrograman C merupakan salah satu bahasa pemrogramankomputer. Dibuat pada tahun 1972 oleh Dennis Ritchie untuk Sistem OperasiUnix di *Bell Telephone Laboratories*. Meskipun C dibuat untuk memprogram sistem dan jaringan komputer namun bahasa ini juga sering digunakan dalam mengembangkan *software* aplikasi.C juga banyak dipakai oleh berbagai jenis *platform* sistem operasi dan arsitektur komputer, bahkan terdapat beberapa *compiler* yang sangat populer telah tersedia.C secara luar biasa mempengaruhi bahasa populer lainnya, terutama C++ yang merupakan *extensi* dari C.

Dalam memprogram chip mikrokontroler ATmega16 pada proyek tugas akhir ini digunakan *software* CodeVision AVR v2.05. CodeVision AVRv2.05 merupakan *software* untuk membuat *source code* program mikrokontroler Atmega16.

3. LCD (*Liquid Crystal Display*)

! *LCD* merupakan suatu jenis penampil (*display*) yang menggunakan *Liquid Crystal* sebagai media refleksinya.*LCD* juga sering digunakan dalam perancangan alat

yang menggunakan mikrokontroler.*LCD* dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan *teks*, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler, tergantung dengan perintah yang ditulis pada mikrokontroler.



Gambar 2.6 *LCD 2 x 16 Karakter*

LCD yang akan digunakan adalah *LCD* dengan tipe karakter 2 x 16 yaitu alat penampil yang dibuat pabrikan umum dijual dipasaran standar dan dapat menampilkan karakter 2baris dengan tiap baris 16 karakter.

4. *Relay*^[6]

Relay adalah sebuah peralatan listrik yang berfungsi sebagai saklar (*switch*), *relay* bekerja pada saat *coil relay* diberikan tegangan atau arus. Pada saat coil diberikan arus maka pada inti coil akan menjadi magnet yang kemudian menarik kontak-kontak penghubung pada *relay* tersebut. Pada *relay* terdapat dua buah kontak yang berbeda yakni kontak NO(*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Pada saat kumparan coil belum diberikan arus keadaan kontak NO akan terbuka dan pada saat kumparan coil diberikan arus kontak NO akan terhubung. Untuk kontak NC(*Normally Close*) pada saat kumparan coil belum diberikan arus kontak NC belum terhubung dan pada saat kumparan coil dialiri arus maka kontak NC menjadi dalam kondisi terhubung terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Relay

Relay digunakan pada sistem kelistrikan yang bertegangan rendah dan bertegangan tinggi. Tegangan rendah digunakan untuk mengaktifkan kumparan coil agar kontak-kontak *relay* tehubung untuk kontak *NO* dan tebuka untuk kontak *NC*. Sedangkan tegangan tinggi yang terpasang pada kontak-kontak *relay* baik kontrak *NO* atau kontak *NC*, karena kontak-kontak hubung pada relay dirancang dengan bahan tembaga yang tahan terhadap tegangan dan arus yang besar sesuai dengan standar pada *relay* tersebut.

5. Pemanas(*Heater*)

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan type dari *Electrical Heating Element* ini bermacam -macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

Jenis dan bentuk Elemen Pemanas :

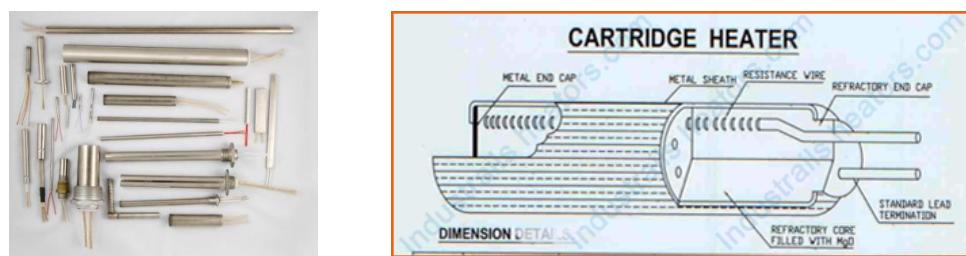
1. *Tubular Heater*

- *Finned Heater*
- *Water Heater*
- *Defrost Heater*
- *Cast-in Heater*
- *Water Heater*



Gambar 2.8 Jenis-jenis *Tubular Heater*

2. *Cartridge Heater*

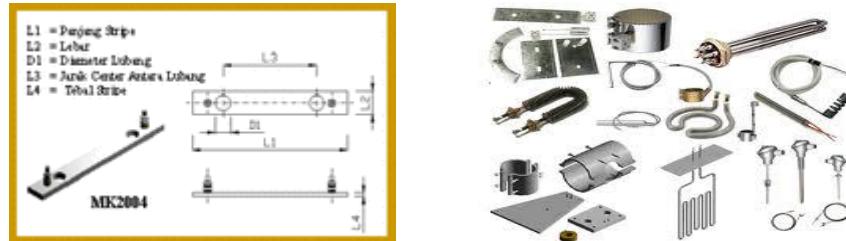


Gambar 2.9 Jenis-jenis *Cartridge Heater*

3. *Band, Nozzle Dan Stripe Heater*

- *Band Heater*
- *Nozzle Heater*
- *Band Ceramiok Heater*
- *Stripe Heater*
- *Plate Heater*
- *Hot Plate Heater*

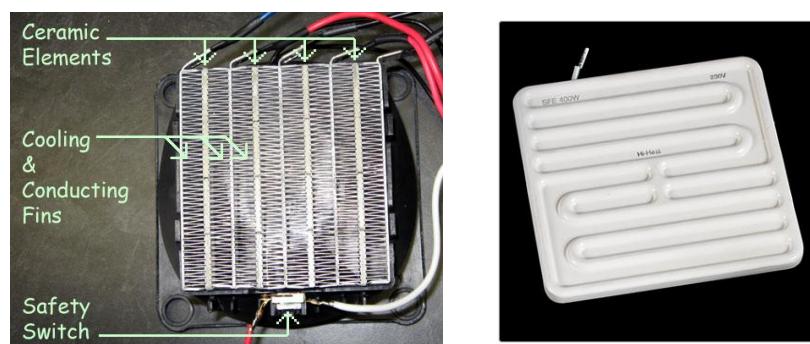
- *Curve Heater*
- *Mika Heater*



Gambar 2.10 Jenis-jenis Band, Nozzle Dan Stripe Heater

4. Silica dan Ceramik Heater

- *Infra Red Heater*
- *Ceramik Black Body Heater*
- *Silica Heater*
- *Quartz Heater*



Gambar 2.11 Jenis-jenis Silika dan Keramik Heater