

**RANCANG BANGUN PENGATURAN BUKA TUTUP *VOLUME*
DAMPER PADA SISTEM *AIR CONDITIONER* BERBASIS
ATMEGA16**

SKRIPSI



INDRADANA ARDIAN

0606042651



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

**RANCANG BANGUN PENGATURAN BUKA TUTUP *VOLUME*
DAMPER PADA SISTEM *AIR CONDITIONER* BERBASIS
ATMEGA16**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

INDRADANA ARDIAN

0606042651



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : INDRADANA ARDIAN

NPM : 0606042651

Tanda Tangan :

Tanggal : 11 Juni 2010

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

**RANCANG BANGUN PENGATURAN BUKA TUTUP *VOLUME DAMPER*
PADA SISTEM *AIR CONDITIONER* BERBASIS ATMEGA 16**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam presentasi skripsi.

Depok, 11 Juni 2010

Dosen Pembimbing,

Dr. Abdul Halim M.Eng

NIP. 040 803 012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : INDRADANA ARDIAN

NPM : 0606042651

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN PENGATURAN BUKA TUTUP
VOLUME DAMPER PADA SISTEM AIR CONDITIONER
BERBASIS ATMEGA16

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Ekstensi pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Halim M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Feri Yusviar M.Eng (.....)

Penguji : Ir. Aries Subiantoro M.SEE (. ..)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Berkat Tuhan Yang Maha Esa yang telah dikaruniakan kepada penulis, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan hasil penelitian dan perancangan yang kemudian diwujudkan dalam suatu prototipe alat pengaturan buka tutup *volume damper* pada sistem *Air Conditioner* berbasis ATMEGA 16.

Banyak pihak yang telah membantu skripsi ini hingga akhirnya dapat selesai, oleh karena itu perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Halim, MEng selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk maupun saran selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf, dan karyawan Jurusan Teknik Elektro, baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu selama menyelesaikan skripsi ini.
3. Manajemen dan teman-teman PT. ANGKA WIJAYASENTOSA, atas ijin mempergunakan *workshopnya* untuk menyelesaikan prototipe peralatan.
4. Bapak, dan Ibu di rumah atas segala doa, jerih payah serta dukungannya.
5. Sahabatku Nashrul Azis, ST, atas segala pemikiran dan contoh programnya untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.
6. Kakakku Alexander Galih, atas dukungan moral dan tenaganya dalam menyiapkan prototipe peralatan.
7. Komunitas *kost Green House*, atas segala dorongan dan semangat yang telah diberikan.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat, terutama untuk pengembangan penelitian di Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia.

Depok, Juni 2010

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : INDRADANA ARDIAN
NPM : 0606042651
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Departemen : TEKNIK ELEKTRO
Fakultas : TEKNIK
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

RANCANG BANGUN PENGATURAN *VOLUME DAMPER* PADA SISTEM *AIR CONDITIONER* BERBASIS ATMEGA16

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 11 Juni 2010
Yang menyatakan

Indradana Ardian

ABSTRAK

Nama : Indradana Ardian
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Pengaturan Buka Tutup *Volume Damper* pada Sistem *Air Conditioner* Berbasis ATMEGA 16.

Dewasa ini, kebutuhan kondisi udara yang nyaman merupakan hal yang mutlak yang diinginkan mayoritas orang. Untuk mencapai itu diperlukan suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkondisikan udara agar menjadi nyaman dengan menggunakan peralatan sistem *Air Conditioner*. Pada aplikasi di gedung-gedung, memerlukan kapasitas *Air Conditioner* yang besar, sehingga dalam pendistribusian udara dingin perlu pengaturan yang lebih efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang peralatan untuk mengatur pendistribusian udara dingin dengan *volume damper*. Parameter pengaturan adalah nilai suhu *set point* dan nilai suhu terukur oleh sensor SHT 11. Sensor SHT 11 merupakan sensor dengan *output* digital dan dilengkapi pengukuran kelembaban udara. Pembacaan sensor akan diolah oleh mikrokontroler, untuk dibandingkan dengan nilai *set point*. Selama nilai suhu *set point* belum dicapai oleh sistem, maka *volume damper* akan membuka, jika nilai *set point* suhu tercapai maka mikrokontroler akan memerintahkan *volume damper* menutup. Setelah proses ini, metode bukaan *volume damper* adalah secara prosentase untuk setiap kenaikan suhunya. Jika terjadi kenaikan suhu, setelah *set point* tercapai, maka *volume damper* akan membuka 25% untuk setiap kenaikan 1 derajat suhu, begitu seterusnya,. Jika kenaikan suhu sudah melebihi 4 derajat, maka *volume damper* akan membuka full 100%. Hasil dari penelitian, menunjukkan bahwa prototipe peralatan dapat bekerja dengan baik, dan respon suhu dari sensor SHT11 dapat sesuai dengan suhu yang sesungguhnya.

Kata Kunci :
Air Conditioner, Sensor SHT 11, Kendali Suhu, Mikrokontroler, *Volume Damper*

ABSTRACT

Name : Indradana Ardian
Study Program : Electrical Engineering
Title : Development of Prototype Volume Damper Controller for
Air Conditioner System Based On ATMEGA 16

Nowadays, most of people need good quality of air condition. In order to obtain this condition, equipment called Air Conditioner System is required. Large capacity of air conditioner system is built for building application. The system requires efficient control mechanism to distribute air flow. In this final project, a prototype of air distribution control system has been developed. Volume damper is used as actuator. Temperature of room has been utilized as control parameter. The temperature is measured by a type of temperature sensor SHT 11, and the result is compared to set point. SHT 11 has output digital and equipped with humidity measurement. The gap between sensed temperature and set point has been feed to microcontroller. If the sensed temperature above set point, volume damper will be open, and if the sensed temperature achieved set point, volume damper will be closed. The openness of volume damper is proportional to temperature gap. Each 1°C of temperature gap, volume damper will be opened 25 % of full-open. From test results, the developed prototype has worked well and the SHT11 has shown sufficient measurement.

Keywords : Air Conditioner, Sensor SHT 11, temperature controll, microcontroller, volume damper

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN Sampul.....	i
HALAMAN Judul.....	ii
HALAMAN Pernyataan Orisinitas.....	iii
LEMBAR Pengesahan.....	iv
HALAMAN Pengesahan.....	v
KATA Pengantar.....	vi
HALAMAN Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	5
BAB II DASAR TEORI PENGATURAN BUKA TUTUP VOLUME DAMPER PADA SISTEM AIR CONDITIONER BERBASIS ATMEGA 16	
2.1 Sensor SHT 11.....	6
2.1.1 Deskripsi.....	6
2.1.2 Spesifikasi Antar Muka.....	7
2.1.2.1 PIN Catu Daya (VDD, GND).....	7
2.1.2.2 Serial Clock Input (SCK).....	8
2.1.2.3 Serial Data (DATA).....	8
2.1.3 Komunikasi Sensor SHT 11.....	9
2.1.3.1 Start up Sensor.....	9
2.1.3.2 Mengirimkan Sebuah Pesan.....	9
2.1.3.3 Pengukuran Kelembaban dan Temperatur.....	10
2.2 Mikrokontroler ATMEGA 16.....	10
2.2.1 Fitur Mikrokontroler ATMEGA 16.....	11
2.2.2 Deskripsi Pin ATMEGA 16.....	12
2.2.3 Organisasi Memori ATMEGA 16.....	14
2.2.3.1 Memori Program.....	15
2.2.3.2 Memori Data.....	15
2.2.3.3 Memori <i>EEPROM</i>	15
2.3 Motor <i>Stepper</i>	16
2.4 <i>Liquid Crystal Display</i> M1632.....	18

2.4.1 Operasi Dasar LCD.....	19
2.4.1.1 <i>Register</i>	19
2.4.1.2 <i>Busy Flag (BF)</i>	20
2.4.1.3 <i>Address Counter (AC)</i>	20
2.4.1.4 <i>Display Data RAM (DDRAM)</i>	20
2.4.1.5 <i>Character Generator RAM (CGRAM)</i>	20
2.5 IC Driver L293D.....	21
2.6 Sistem Air Conditioner.....	22
BAB III RANCANGAN ALAT SISTEM PENGATURAN BUKA TUTUP VOLUME DAMPER PADA AIR CONDITIONER BERBASIS ATMEGA 16	
3.1 Diagram Blok Alat.....	23
3.2 Prinsip Kerja Peralatan.....	24
3.3 Skema Rangkaian.....	25
3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 16.....	26
3.3.2 Rangkaian Driver Motor Stepper.....	27
3.3.3 Rangkaian Sensor.....	28
3.3.4 Rangkaian <i>Liquid Crystal Display</i>	29
3.3.5 Rangkaian Keypad 4 x 4.....	30
3.4 Perancangan Program.....	31
3.5 Perancangan Prototipe Alat.....	36
BAB IV HASIL DAN ANALISA	
4.1 Realisasi Perancangan Peralatan.....	37
4.2 Pengujian Pembacaan Sensor.....	40
4.2.1 Alat Pengujian.....	40
4.2.2 Prosedur Pengujian.....	40
4.2.3 Hasil Pengujian.....	41
4.3 Pengujian Pembacaan Langkah Motor Stepper.....	42
4.3.1 Alat Pengujian.....	42
4.3.2 Prosedur Pengujian.....	43
4.3.3 Hasil Pengujian.....	44
4.4 Analisa Waktu Respon Motor Stepper.....	45
4.5 Analisa Biaya Produksi.....	46
4.5.1 Analisa Biaya Sistem Mikrokontroler AVR.....	46
4.5.2 Analisa Biaya <i>Damper Actuator</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR RUJUKAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Halaman	
Gambar 2.1 Dimensi Sensor SHT 11.....	6
Gambar 2.2 Rangkaian Aplikasi Sensor SHT 11.....	7
Gambar 2.3 <i>Timing Diagram</i>	8
Gambar 2.4 Urutan “ <i>Transmission Start</i> ”.....	9
Gambar 2.5 IC ATMEGA 16.....	12
Gambar 2.6 Peta Memori AT MEGA 16.....	14
Gambar 2.7 <i>Motor Stepper</i>	16
Gambar 2.8 <i>Liquid Crystal Display</i>	18
Gambar 2.9 IC L293D.....	21
Gambar 2.10 Siklus Refrigerasi pada Sistem <i>Air Conditioner</i>	22
Gambar 3.1 Diagram Blok Peralatan.....	23
Gambar 3.2 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 16.....	26
Gambar 3.3 Rangkaian Driver Motor <i>Stepper</i>	27
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor dan Pengkondisi Sinyal.....	28
Gambar 3.5 Rangkaian Penampil <i>Liquid Crystal Display</i>	29
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Keypad</i> 4 x 4.....	30
Gambar 3.7 <i>Flow Chart</i> Inisialisasi.....	31
Gambar 3.8 <i>Flow Chart</i> Program Sistem I.....	32
Gambar 3.9 <i>Flow Chart</i> Program Sistem II.....	33
Gambar 3.10 <i>Flow Chart</i> Program Sistem III.....	34
Gambar 3.11 Desain Prototipe Alat.....	36
Gambar 4.1 Realisasi Prototipe Alat.....	37
Gambar 4.2 Realisasi Rangkaian Kontrol.....	38
Gambar 4.3 Realisasi Tampilan Display.....	38
Gambar 4.4 Koneksi <i>Gear Stepper</i> dan <i>Gear Volume Damper</i>	39

DAFTAR TABEL

Halaman	
Tabel 2.1 Susunan Kaki Sensor SHT11.....	7
Tabel 2.2 Daftar Perintah Sensor SHT11.....	10
Tabel 2.3 Urutan Langkah <i>Stepper</i>	17
Tabel 2.4 <i>Register Select</i>	20
Tabel 4.1 Tabel Percobaan Pembacaan Sensor Sistem I.....	41
Tabel 4.2 Tabel Percobaan Pembacaan Sensor Sistem II	41
Tabel 4.3 Tabel Percobaan Pembacaan Sensor Sistem III	42
Tabel 4.4 Tabel Percobaan Langkah Motor <i>Stepper</i>	44
Tabel 4.5 Tabel Percobaan Langkah Motor <i>Stepper</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman	
Lampiran 1 <i>Datasheet</i> ATMEGA 1.....	52
Lampiran 2 <i>Datasheet</i> SHT 11.....	54
Lampiran 3 <i>Datasheet</i> L193D.....	59
Lampiran 4 <i>Minimum System</i> ATMEGA 16.....	61
Lampiran 5 Rangkaian <i>Driver</i>	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kenyamanan tata udara sudah menjadi kebutuhan mutlak bagi semua orang. Udara yang nyaman dapat diartikan udara yang tidak terlalu panas atau juga tidak terlalu dingin, boleh dibilang dengan udara sejuk atau suhu nyaman, jika dikisar dengan satuan derajat celsius suhu akan menunjukkan 22.5 - 26°C (standard ANSI/ASHRAE) menurut Karyono (2001) menyatakan suhu nyaman di Jakarta sesuai dengan penelitiannya adalah 26°C. Dan untuk dapat membuat udara di suatu ruangan atau area bisa menjadi sejuk dibutuhkan sebuah sistem yang disebut sistem *Air Conditioner (AC)*. Sistem *Air Conditioner* adalah sistem siklus tertutup dari perubahan sifat kimia (suhu, fasa, dan tekanan) dari refrigerant (zat kimia yang disirkulasikan didalam sistem *Air Conditioner*). Perubahan sifat refrigerant mengakibatkan perubahan suhu, sebagai akibat refrigerant yang dimampatkan oleh compressor kemudian dialirkan oleh kondensor untuk dibuang panasnya, kemudian dimampatkan lagi dengan pipa kapiler/katup ekspansi sehingga suhu refrigerant menjadi dingin. Refrigerant dingin ini yang kemudian dimanfaatkan untuk mendinginkan ruangan Sistem tata udara atau sistem *Air Conditioner (AC)* yang terdapat di gedung – gedung pada umumnya menggunakan sistem *central* (terpusat), yaitu dimana setiap satu lantai di *cover* oleh satu atau dua unit *Air Conditioner* saja. Sehingga, untuk pendistribusian sirkulasi produksi udara dingin ke ruangan yang akan didinginkan menggunakan media cerobong atau lebih dikenal dengan sistem *ducting*.

Ducting pada sistem *Air Conditioner* merupakan cerobong yang bisa berupa bentuk kotak (*rectangular*) atau bentuk bulat (*round*) yang terbuat dari material plat besi dan diisolasi dengan material *insulation*, yang bertujuan agar udara dingin tidak terbuang di sepanjang saluran *ducting*. Dalam pembagian distribusi udara dingin, saluran *ducting* dipisah-pisah dengan sebuah cabang untuk diarahkan ke ruangan yang akan didinginkan. Agar sirkulasi pendinginan merata

di setiap area akan dibutuhkan *volume damper* , berupa katup dari plat besi yang bisa dibuka dan ditutup yang berfungsi untuk mengatur jumlah udara yang akan dialirkan. Beberapa jenis *volume damper* yang sering digunakan adalah *Manual Volume Damper* dan *Automatic Volume Damper*, yang membedakan adalah cara pengaturan secara manual dan otomatis. Jelas pengaturan secara otomatis membutuhkan biaya yang lebih mahal.

Dengan perancangan peralatan ini, diharapkan dapat memberikan alternatif untuk pengontrolan buka tutup pada sistem *volume damper*. Desain dasar peralatan ini adalah pengontrolan beberapa *volume damper* dalam satu sistem kontrol dengan referensi *set point* suhu. Gambaran umum fungsi kerja peralatan ini adalah sebagai berikut, setiap *volume damper* dikontrol dengan *input* satu buah sensor temperatur SHT11 (sensor dipilih karena pembacaannya mempunyai akurasi pengukuran temperatur $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ @ 25°C), fungsi sensor ini untuk membaca suhu di setiap ruangan, yang akan diolah oleh mikrokontroler ATMEGA16. Jika pada sistem di-*setting* 16°C melalui *keypad*, maka sensor SHT 11 akan membaca suhu ruangan yang sesungguhnya. Jika suhu ruangan yang terbaca $> 16^{\circ}\text{C}$, maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada motor *stepper* yang terhubung dengan as *volume damper* untuk membuka katup *volume damper* 100% (*Full Open*). Maka udara dingin akan mengalir seluas area permukaan *volume damper*, sampai suhu 16°C terbaca oleh sensor. Jika suhu *set point* sudah tercapai maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada motor *stepper* untuk menutup katup *volume damper* 0% (*Full Close*). Peralatan ini didesain dengan 3 buah cabang *ducting* atau mengontrol 3 buah *volume damper* . Setelah *set point* suhu tercapai, beberapa saat kemudian ada kenaikan temperatur sebesar 1°C atau suhu terbaca oleh sensor $>17^{\circ}\text{C}$ dari nilai *set point*, maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada motor *stepper* membuka sebesar 25% dari skala buka katup, sehingga *volume damper* tidak perlu membuka katup secara penuh agar memberi sebagian jumlah aliran udara dingin ke sistem *volume damper* yang lain yang belum tercapai. Kemudian jika ada kenaikan suhu 2°C atau suhu terbaca oleh sensor $> 18^{\circ}\text{C}$ katup *volume damper* akan dibuka 50%, jika kenaikannya 3°C atau suhu terbaca $> 19^{\circ}\text{C}$ maka katup *volume damper* akan

membuka 75%. Kemudian jika terjadi kenaikan temperatur secara ekstrim lebih besar dari 4°C atau > 20°C maka katup *volume damper* akan membuka 100% (atau kembali *Full Open*).

Sensor suhu SHT 11 juga merupakan sensor kelembaban udara, pada system ini digunakan sebagai indikator kandungan uap air yang terdapat pada produksi udara dingin hasil sirkulasi sistem *Air Conditioner*. Sensor SHT 11 mempunyai kisaran pengukuran 0-100%RH dan akurasi RH absolute +/- 3% RH.

Fungsi pengontrolan ini diharapkan memberikan efisiensi pada sistem *Air Conditioner*, jika salah satu atau beberapa suhu ruangan sudah tercapai artinya semua katup *volume damper* di ruangan tersebut menutup, maka aliran udara akan terfokus menuju ke saluran ducting yang suhu ruangnya belum tercapai. Peralatan ini adalah peralatan pendukung dari keseluruhan sistem *Air Conditioner*, yang dapat memberikan alternatif pengontrolan sistem *volume damper*. Pada dasarnya sistem *Air Conditioner* sendiri telah dilengkapi sistem pengontrolan pada mesin pendingin untuk memberikan efisiensi pada kinerja mesin pendingin. Sedangkan peralatan ini merupakan sistem pengontrolan pada sistem distribusi udara hasil pendinginan sistem *Air Conditioner*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang, permasalahan telah diuraikan diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat desain rangkaian sistem pengontrolan *volume damper* pada sistem *Air Conditioner*, yang meliputi rangkaian pengkondisi sinyal dengan parameter suhu, dan kelembaban udara, rangkaian *driver motor stepper*, rangkaian minimum system mikrokontroler
2. Bagaimana mengimplementasikan pembacaan suhu, sebagai parameter dari sistem pengontrolan *volume damper* pada sistem *Air Conditioner*?

3. Bagaimana mengimplementasikan pembacaan kelembaban udara, sebagai informasi kandungan uap air pada udara hasil sirkulasi sistem *Air Conditioner* ?
4. Bagaimana mengolah data – data parameter menjadi output pengontrolan dalam pemrograman mikrokontroler?
5. Bagaimana mensinkronisasikan rancangan *hardware* dengan rancangan *software* sehingga dapat diaplikasikan dalam pengontrolan *volume damper*?

1.3 Tujuan

Tujuan pembuatan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat membuat desain rangkaian sistem pengontrolan *volume damper* pada sistem *Air Conditioner*, yang meliputi rangkaian pengkondisi sinyal, rangkaian kontrol, dan rangkaian *driver*.
2. Dapat mengimplementasikan suhu sebagai parameter utama sistem, sehingga dapat digunakan sebagai referensi dari pengontrolan.
3. Dapat mengimplementasikan kelembaban udara sebagai informasi kandungan uap air dalam udara.
4. Dapat mengimplementasikan keseluruhan sistem dengan listing pemrograman mikrokontroler dalam Bahasa C.
5. Dapat mengaplikasikan desain *hardware* dengan desain *software* sehingga dapat sinkron dalam pengontrolan *volume damper*.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

1. Parameter pengontrolan adalah suhu.
2. Pengukuran kelembaban udara digunakan sebagai informasi kandungan uap air dalam udara.
3. Desain pengontrolan diaplikasikan untuk 3 (tiga) buah sistem *volume damper*.
4. Desain pengontrolan hanya bersifat simulasi, sehingga akan terdapat lebih banyak terjadi noise dalam sistem.
5. Rancangan dimensi volume damper berukuran 100 mm x 100 mm, sehingga hanya membutuhkan ukuran motor stepper yang lebih kecil.
6. Simulasi pendingin udara akan digunakan motor *fan AC 220 Volt*.
7. Sensor kelembaban hanya bersifat sebagai indikator kelembaban udara yang akan ditampilkan di layar *LCD*.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

1. Dapat memberikan alternatif pengontrolan pada *system volume damper* dengan rangkaian yang lebih sederhana dan biaya manufaktur yang lebih murah.
2. Dapat memberikan konsep pengontrolan sistem *volume damper* dengan parameter selain temperature udara, yaitu kelembaban udara.
3. Memberikan nilai efisiensi dalam pengontrolan sistem *Air Conditioner*, berupa efektifitas kerja katup *volume damper* sehingga rentang waktu pendinginan semakin lebih singkat.



BAB II

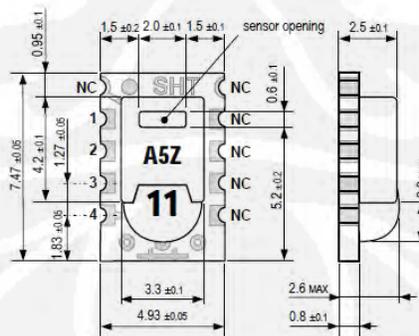
DASAR TEORI PENGATURAN BUKA TUTUP VOLUME DAMPER PADA SISTEM AIR CONDITIONER BERBASIS ATMEGA 16

Bab ini menjelaskan tentang dasar teori dari komponen perancangan sistem pengaturan buka tutup *volume damper* pada *Air Conditioner*.

2.1 Sensor SHT 11

2.1.1 Deskripsi

Sensor SHT 11 (Gambar 2.1) merupakan sebuah sensor digital yang merupakan sensor suhu sekaligus sensor kelembaban yang diklaim oleh pabrik pembuatnya **Sensirion Corp.** Sensor ini merupakan sebuah integrasi sensor dengan pemrosesan sinyal yang menghasilkan output digital yang terkalibrasi. Sebuah elemen sensor kapasitif yang digunakan untuk mengukur *relative humidity* sensor ketika suhu diukur oleh sebuah *Band-gap sensor*. Kedua sensor ini merupakan pasangan tanpa lapisan dari 14 bit *analog to digital converter* dan sebuah rangkaian *interface* serial. Hasil dari sensor ini merupakan sinyal output yang berkualitas, dan sebuah respon waktu yang cepat. Dengan ukuran sensor yang kecil dan konsumsi daya yang rendah menjadikan sensor ini pilihan untuk berbagai macam kebutuhan aplikasi.



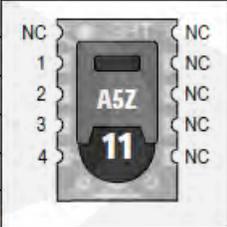
Gambar 2.1 Dimensi Sensor SHT 11

(Sumber : Sensirion, 2009:1)

2.1.2 Spesifikasi Antar Muka

Susunan pin dari sensor SHT11 diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

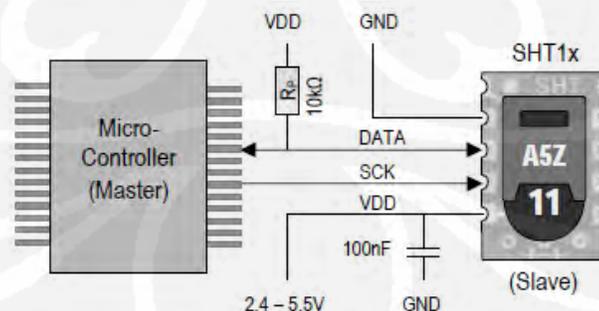


Tabel 2.1 Susunan Kaki Sensor SHT11

(Sumber : Sensirion, 2009:5)

2.1.2.1 Pin Catu Daya (VDD, GND)

Tegangan supply untuk SHT11 adalah 2.4 – 5.5 V, sedangkan rekomendasi tegangannya sendiri adalah 3.3 V. Pin catu daya VDD dan GND harus di *couple* dengan sebuah kapasitor 100 nF. Antar muka serial SHT 11 digunakan agar pembacaan sensor bisa optimal dan konsumsi daya listrik yang optimal. Sensor tidak bisa dialamati oleh I2C protokol, meskipun sensor bisa dikoneksi dengan I2C bus tanpa gangguan dari peralatan lain yang terkoneksi dengan bus. Pengaturan harus dengan *switching* antara protokol. Rangkaian pengkondisi sinyal sesuai datasheet dari Sensirion Corp diperlihatkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Rangkaian Aplikasi Sensor SHT11

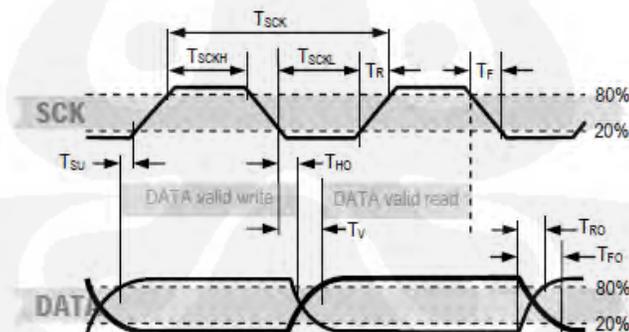
(Sumber : Sensirion, 2009:5)

2.1.2.2 Serial Clock Input (SCK)

SCK digunakan untuk mensinkronisasi komunikasi antara mikrokontroler dengan SHT11. Ketika sebuah antar muka digabungkan maka pada kondisi logika statik tidak ada frekuensi minimum SCK.

2.1.2.3 Serial Data (DATA)

Kaki *tri-state* DATA digunakan untuk mengirimkan data in dan out dari sensor. Untuk mengirimkan sebuah perintah ke sensor, DATA dikirim pada saat sinyal naik dari *serial clock* (SCK) dan SCK harus dalam kondisi stabil logika *High*. Ketika sinyal SCK berubah dari kondisi *High* ke kondisi *Low*, maka nilai DATA akan berubah.. Agar komunikasi DATA lebih aman, maka sinyal T_{su} dan T_{ho} harus diperpanjang sebelum sinyal *HIGH* dan setelah sinyal *LOW* dari SCK. Untuk pembacaan data dari sensor, DATA harus *valid* T_v setelah sinyal SCK kondisi *LOW* sampai kondisi *LOW* pada sinyal berikutnya. Diagram pewaktuan sinyal SCK dan sinyal DATA dari sensor diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Timming Diagram

(Sumber : Sensirion, 2009:6)

2.1.3 Komunikasi Sensor SHT11

2.1.3.1 Start up Sensor

Langkah pertama adalah mengkoneksi sensor dengan *power supply* pada kaki VDD. *Slew rate* selama *power up* tidak kurang dari 1V/ms. Setelah *power up* sensor membutuhkan 11ms untuk mencapai kondisi *Sleep State*. Maka diharapkan tidak ada perintah yang dikirim ke sensor sebelum waktu tersebut dicapai.

2.1.3.2 Mengirimkan Sebuah Perintah

Untuk menginisialisasi sebuah transmisi, urutan *Transmission Start* harus disampaikan pada Gambar 2.4. Hal ini terdiri dari kondisi *LOW* dari sinyal DATA ketika kondisi SCK *HIGH*, diikuti dengan sinyal *LOW* dari SCK dan sinyal naik DATA kembali ketika SCK mencapai kondisi *HIGH*.



Gambar 2.4 Urutan “Transmission Start”

(Sumber : Sensirion, 2009:6)

Perintah *subsequent* terdiri dari tiga bit alamat dan lima bit perintah. Sensor SHT11 mengindikasikan menerima sebuah perintah dengan merubah kondisi DATA *Low* (ACK bit) setelah kondisi tinggi ke rendah pada clock ke 8 sinyal SCK. Line DATA akan disampaikan (berubah menjadi kondisi *HIGH*) setelah kondisi tinggi ke rendah pada clock ke 9 sinyal SCK. Tabel perintah dari sensor diperlihatkan sesuai dengan Tabel 2.2

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Relative Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset , resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	11110

Tabel 2.2 Daftar Perintah Sensor SHT11

(Sumber : Sensirion, 2009: 6)

2.1.3.3 Pengukuran Kelembaban dan Temperatur

Setelah menyampaikan sebuah perintah pengukuran ('00000101 untuk pengukuran kelembaban dan 00000011 untuk pengukuran temperatur suhu) mikrokontroler akan menunggu sampai proses pengukuran selesai. Ini akan memakan waktu maksimum 20/80/320 *ms* untuk 8/12/14 bit pengukuran. Waktu berubah-ubah sesuai dengan kecepatan internal osilator dan bisa lebih rendah sampai 30%. Ketika sinyal melengkapinya pengukuran, SHT11 memberikan pulsa data kondisi rendah dan memasuki *Idle Mode*. Mikrokontroler harus menunggu sinyal *Data Ready* sebelum restarting sinyal SCK untuk membaca data. Pengukuran data disimpan sampai semua data terbaca, meskipun mikrokontroler dapat melanjutkan tugas lain dan data bisa terbaca.

2.2 Mikrokontroler ATMEGA 16

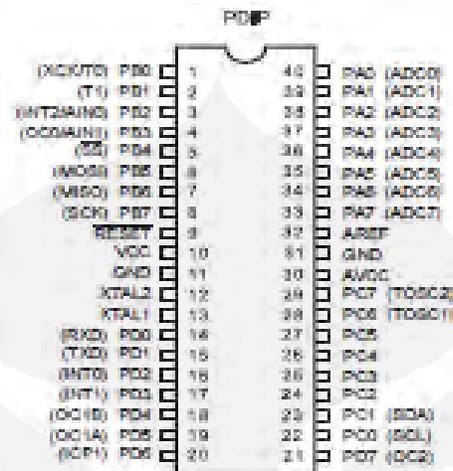
Mikrokontroler ATMEGA 16 merupakan mikrokontroler keluarga AVR dengan teknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATMEGA, dan AT86RFxx. ATMEGA16 memiliki fitur yang cukup

lengkap. Mikrokontroler AVR memiliki waktu eksekusi yang lebih cepat dibanding dengan mikrokontroler pendahulunya yaitu dari keluarga MCS-51.

2.2.1 Fitur Mikrokontroler ATMEGA16

Berikut adalah fitur – fitur yang dimiliki oleh ATMEGA16 :

- a. 130 macam instruksi, yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- b. 32 x 8-bit *register* serba guna.
- c. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz
- d. 16 *Kbyte* Flash memori, yang memiliki fasilitas *In-System Programming*.
- e. 512 *Byte* internal EEPROM
- f. 1024 *Byte* SRAM
- g. *Programming Lock*, fasilitas untuk mengamankan kode program
- h. 2 buah *timer/counter* 8-bit dan 1 buah/*counter* 16-bit
- i. 4 *channel* output PWM
- j. 8 *channel* ADC 10-bit
- k. *Serial* USART
- l. *Master/Slave SPI serial Interface*
- m. *Serial* TWI atau I2C
- n. *On Chip Analog Comparator*



Gambar 2.5 IC ATMEGA16

(Sumber : Atmel Corporation, 2008: 2)

2.2.2 Deskripsi Pin ATMEGA16

Deskripsi masing – masing fungsi pin kaki mikrokontroler ATMEGA16 (Gambar 2.5) adalah sebagai berikut :

- a. Pin 1 – 8 merupakan Port B adalah Port I/O 8-bit dua arah (*bi-directional*) dengan *resistor pull-up internal*. Selain sebagai Port I/O 8-bit Port B juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut :
 - PB7 : SCK (*SPI Bus Serial Clock*)
 - PB6 : MISO (*SPI Bus Master Input / Slave Input*)
 - PB5 : MOSI (*SPI Bus Master Output / Slave Input*)
 - PB4 : SS (*SPI Slave Select Input*)
 - PB3 : AIN1 (*Analog Comparator Negatif Input*)
OC0 (*Output Compare Timer/Counter 0*)
 - PB2 : AIN0 (*Analog Comparator Positif Input*)
INT2 (*External Interrupt 2 Input*)

- PB1 : T1 (*Timer / Counter 1 External Counter Input*)
- PB0 : T0 (*Timer/Counter 0 External Counter Input*)

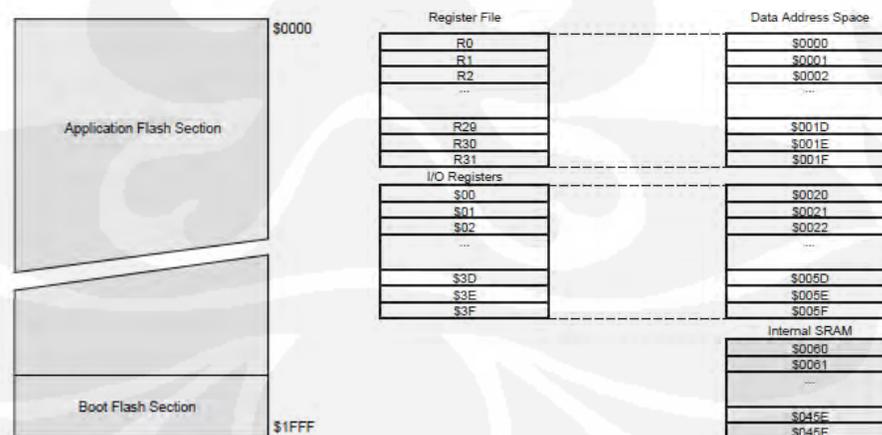
XCK (USART External Clock Input/Output)

- b. *Pin 9*, merupakan pin RESET yang akan bekerja bila diberi pulsa rendah (aktif *low*) selama minimal 1.5 second.
- c. *Pin 10*, merupakan *pin VCC* catu daya digital
- d. *Pin 11*, merupakan *pin GROUND* untuk catu daya digital
- e. *Pin 12*, merupakan *pin XTAL output* dari penguat osilator pembalik
- f. *Pin 13*, merupakan input penguat osilator pembalik dan input ke *internal clock*
- g. *Pin 14 – 21, Port D* merupakan *Port I/O 8 bit dua arah (bi-directional)* dengan *resistor pull-up internal*. Selain sebagai *Port I/O 8-bit Port D* juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut :
 - PD7 : *OC2 (Output Compare Timer/Counter 2)*
 - PD6 : *ICP1 (Timer/ Counter 1 Input Capture)*
 - PD5 : *OC1A (Output Compare A Timer /Counter 1)*
 - PD4 : *OC1B (Output Compare B Timer /Counter 1)*
 - PD3 : *INT1 (External Interupt 1 Input)*
 - PD2 : *INT0 (External Interupt 0 Input)*
 - PD1 : *TXD (USART transmit)*
 - PD0 : *RXD (USART receive)*
- h. *Pin 22 – 29, Port C* merupakan *Port I/O 8 bit dua arah (bi-directional)* dengan *resistor pull-up internal*. Selain sebagai *Port I/O 8-bit, 4 bit Port C* juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut :

- PC7 : TOSC2 (Timer Oscillator 2)
 - PC6 : TOSC1 (Timer Oscillator 1)
 - PC1 : SDA (Serial Data Input/Output, I2C)
 - PC0 : SCI (Serial Clock I2C)
- i. Pin 30, merupakan pin AVCC yaitu pin catu daya yang digunakan untuk masukan analog ADC yang terhubung ke Port A.
 - j. Pin 31, Pin GROUND catu daya Analog
 - k. Pin 32, Pin AREF merupakan tegangan referensi analog untuk ADC
 - l. Pin 33 – 40, Port A, merupakan Port I/O 8-bit dua arah (*bi-directional*) dengan resistor pull-up internal. Selain sebagai Port I/O 8-bit Port A juga dapat berfungsi sebagai masukan 8 channel ADC.

2.2.3 Organisasi Memori ATMEGA16

Mikrokontroler ATMEGA16 memiliki 3 jenis memori yaitu memori program, memori data dan memori EEPROM diperlihatkan Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Peta Memori ATMEGA16

(Sumber : Atmel Corporation, 2008: 16)

2.2.3.1 Memori Program

ATMEGA16 memiliki kapasitas memori program sebesar 16 *kbyte* yang terpetakan dari alamat 0000h – 1FFFh dimana masing –masing alamat memiliki lebar data 16 bit. Sehingga organisasi memori program seperti ini sering dituliskan dengan 4K x 16 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program *boot* dan bagian program aplikasi. Jika kita tidak menggunakan fitur *Boot Loader Flash* maka semua kapasitas memori program di atas dapat digunakan untuk program aplikasi. Tetapi jika kita menggunakan fitur *Boot Loader Flash* maka pembagian ukuran kedua bagian ini ditentukan oleh *BOOTSZ fuse*

2.2.3.2 Memori Data

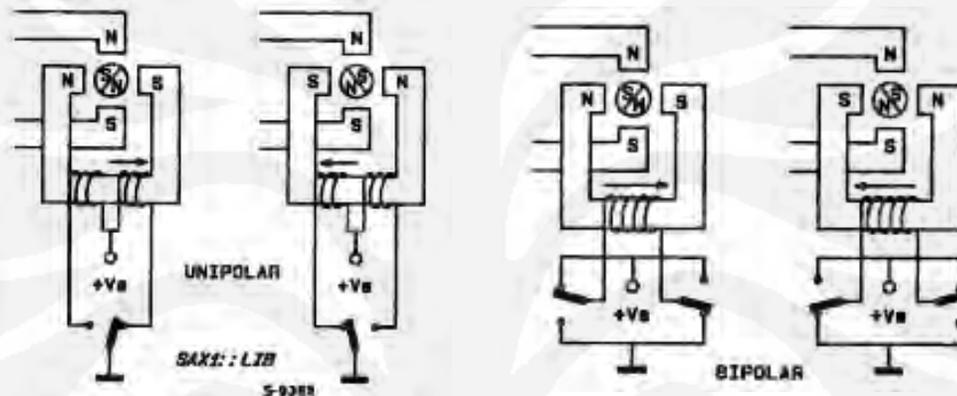
AT MEGA16 memiliki kapasitas memori data sebesar 608 *Byte* yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu *register* serba guna, *register I/O* dan SRAM. 32 *byte* alamat terendah digunakan untuk *register* serba guna yaitu R0 – R31. 64 *byte* berikutnya digunakan untuk *register I/O* yang digunakan untuk mengatur fasilitas seperti timer/counter, interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM dan *Port I/O* seperti *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*. Selanjutnya 512 *Byte* di atasnya untuk memori data SRAM. Jika *register-register I/O* di atas diakses seperti mengakses data memori (menggunakan intruksi LD atau ST) maka *register I/O* di atas menempati alamat 0020 – 005F. Tetapi jika *register-register I/O* di atas diakses seperti mengakses I/O pada umumnya (menggunakan intruksi IN atau OUT) maka *register I/O* di atas menempati alamat memori 0000h – 003Fh

2.2.3.3 Memori EEPROM

ATMEGA16 memiliki memori EEPROM sebesar 512 *Byte* yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM ini hanya dapat diakses dengan menggunakan *register – register I/O* yaitu *register* EEPROM Address (EEARH-EEARL), *register* EEPROM Data (EEDR) dan *register* EEPROM Control (EECR). Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlakukan seperti mengakses data eksternal sehingga waktu eksekusinya relative lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

2.3 Motor Stepper

Sebuah motor *stepper* (Gambar 2.7) adalah peralatan elektromekanikal yang mengubah sinyal elektrik menjadi pergerakan mekanik yang diskrit (berlainan) yang disebut *step* (langkah). Satu derajat per langkah motor memerlukan 360 pulsa untuk melewati satu putaran. Juga ada motor mikro *step* dengan ribuan langkah per putaran.



Gambar 2.7 Motor Stepper

(Sumber : SGS Thomson, 1995:1)

Ukuran kerja dari *stepper* biasanya diberikan dalam jumlah langkah per putaran per detik. Motor *stepper* biasanya kecepatan rendah dan torsi rendah mempunyai kontrol gerakan posisi yang cermat. Prinsip dasar kerja motor *stepper* adalah, apabila polaritas kumparan penguat cocok untuk dibalik, rotor berputar pada arah yang dipilih dengan satu langkah yang tepat pada posisi yang baru. Jumlah langkah per putaran ditentukan dengan jumlah pasang kutub pada rotor dan stator. Makin banyak jumlah kutub pada kedua belah pihak makin banyak langkah perputaran dari rotor.

Operasi motor *stepper* sangat tergantung pada suplai daya yang menggerakannya. Suplai daya membangkitkan pulsa, yang biasanya dimulai oleh komputer mikro. Jumlah langkah per putaran ditentukan dengan jumlah pasang

kutub pada rotor dan stator. Ketika tegangan diberikan pada kumparan, rotor magnet permanen dari motor stator mengangkat posisi bertahan tanpa bebannya. Ini berarti kutub magnet permanen dari rotor diluruskan sesuai dengan kutub elektromagnetis dari stator. Tenaga putaran maksimum yang dengannya motor dapat dibebani tanpa menyebabkan putaran terus menerus, disebut tenaga putaran yang menahan motor *stepper*. Tenaga putaran dapat juga dirasakan pada motor yang tidak diberi penguatan. Hal ini disebabkan oleh kutub induksi magnet permanen pada stator. Efek ini (tenaga penggerak), bersama – sama dengan gesekan internal dari motor, menghasilkan tenaga putaran penahanan yaitu tenaga putaran yang dengannya motor yang tanpa diberi penguatan dapat diberi beban dengan statis.

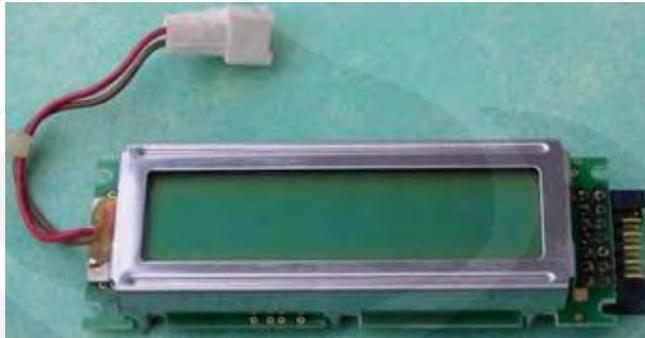
Tabel 2.3 Urutan langkah Motor Stepper

Lilitan	M	B	K	P
Langkah				
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

(Sumber : Elex Media Computindo, 2008: 82)

Tabel 2.3 merupakan tabel logika untuk menggerakkan motor *stepper* torsi besar, logika ini dimanfaatkan dalam pemrograman mikrokontroler.

2.4 Liquid Crystal Display M1632



Gambar 2.8 *Liquid Crystal Display*

(Sumber : Delta Electronics, 2000 : 8)

M1632 pada Gambar 2.8 merupakan modul *LCD dot matrik* dengan pengontrol *CMOS* sehingga konsumsi dayanya rendah, dengan sudut pandang yang lebar, dan kontras tinggi. Didalam pengontrol ini sudah terdapat *ROM/RAM* generator karakter dan *RAM* data tampilan. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh instruksi dan modul secara mudah bisa diantarmukakan dengan sebuah mikroprosesor.

Menurut *data sheet* Seiko Instrument (1987) modul penampil M1632 mempunyai berbagai fitur sebagai berikut :

- a. 16 karakter, dua baris dengan matrik 5 x 7, dan kursor
- b. *Duty ratio* : 1/16
- c. *ROM* generator karakter dengan 192 tipe karakter
- d. *RAM* generator karakter dengan 8 tipe karakter (oleh program)
- e. 80 x 8 bit *RAM* data tampilan
- f. Antarmuka dengan 4 bit dan 8 bit mikroprosesor

- g. RAM data tampilan dan RAM karakter generator bisa dibaca dari mikroprosesor
- h. Mempunyai fungsi instruksi :
Display clear, Crusor Home, Display ON/OFF, Crusor ON/OFF, Display Character Blink, Crusor Shift, and Display Shift
- i. Mempunyai rangkaian osilator sendiri
- j. Catu daya tunggal +5V
- k. *Power –on reset* otomatis
- l. Proses *CMOS*
- m. Suhu operasi dari 0° C sampai 50° C

2.4.1 Operasi Dasar LCD

LCD M1632 mempunyai beberapa bagian yang berperan dalam pengoperasiannya.

2.4.1.1 Register

LCD M1632 mempunyai 2 macam *register* 8 bit, yaitu : *Instruction Register (IR)* dan *Data Register (DR)*. Dalam pengoperasiannya dipilih dengan sinyal dari *Register Select (RS)*. Instruksi dari *IR* adalah *Display Clear, Crusor Shift*, dan memeberikan informasi alamat yang terdapat pada *Display Data RAM (DD RAM)* dan *Character Generator RAM (CG RAM)*.

DR merupakan penyimpanan sementara ketika data disimpan dan dibaca pada *DDRAM* atau *CGRAM*. Ketika mikroprosesor menuliskan data ke dalam *DDRAM* atau *CGRAM* melalui operasi internal. Tetapi sebaliknya, ketika dibaca dari *DDRAM* atau *CGRAM*, diperlukan data alamat yang dikirimkan ke *register IR*.

Tabel 2.4 Register Select

<i>RS</i>	<i>R/W</i>	Operasi
0	0	<i>IR</i> aktif, <i>IR Write Internal operation, Display Clear</i>
0	1	<i>Busy Flag (DB7)</i> dan <i>address counter (DB0 – DB6)</i> membaca
1	0	<i>DR</i> aktif, menulis <i>Internal operation: DR ke DDRAM atau CGRAM</i>
1	1	<i>DR</i> aktif, menulis <i>Internal operation: DDRAM atau CGRAM ke DR</i>

(Sumber : Newhaven Display, 2007: 2)

2.4.1.2 Busy Flag (BF)

Busy flag berfungsi untuk menunjukkan bahwa modul *LCD* telah siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Seperti yang terlihat pada Tabel 2.4 menunjukkan sinyal *output* dari *DB7* pada saat *RS* = 0 dan *R/W* = 1.

2.4.1.3 Address Counter (AC)

Address Counter menentukan sebuah alamat pada saat data disimpan ke dalam *DDRAM* atau *CGRAM* atau pada saat dalam *register IR*. Maka informasi alamat akan dikirim dari *register IR* ke *Address Counter (AC)*. Maka informasi alamat akan dikirim dari *register IR* ke *Address Counter (AC)*. Ketika data disimpan ke *RAM* maka *AC* secara otomatis akan meng-*increment* atau *decrement* untuk menyesuaikan *mode entry* set.

2.4.1.4 Display Data RAM (DDRAM)

DD RAM mempunyai kapasitas *display data* sampai 80 x 8 bit data. Beberapa area memori dari *DD RAM* yang tidak digunakan untuk tampilan bisa digunakan sebagai *general data RAM*. Alamat 00H sampai 0FH dari *DD RAM* terdapat pada baris 1 dari *LCD*, sedangkan alamat 40H sampai 4FH terdapat pada baris 2.

2.4.1.5 Character Generator RAM (CG RAM)

CG RAM digunakan untuk membuat pola karakter sesuai dengan keinginan *programmer*. Pola karakter dapat dibuat dengan data 8 bit. Pembuatan karakter bisa disesuaikan dengan tabel yang terdapat pada *data sheet*. Dimana

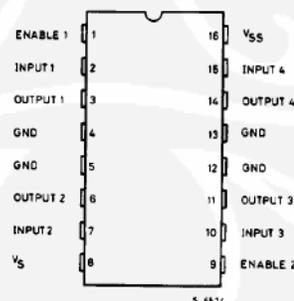
untuk membuat sebuah karakter harus disesuaikan dengan kode pada kolom tabel dan disimpan pada *DD RAM* untuk menghubungkan dengan posisi digit pada layar *LCD*.

2.5 IC Driver L293D

IC L293D merupakan rangkaian integrasi dengan 4 *driver push-pull* yang mampu menyediakan arus *output* sebesar 600 mA sampai 1A. Setiap *driver* diatur dengan sebuah *input* logika TTL. Dan setiap pasang dari *driver* dilengkapi dengan sebuah *input inhibit*, yang digunakan untuk mematikan keempat *driver*. Pemisahan tegangan *input* digunakan apabila digabungkan dengan rangkaian logika sehingga akan memberikan tegangan rendah untuk mengurangi disipasi. Pada aplikasinya L293D menggunakan komponen tambahan dioda pada keluarannya untuk menghindari arus balik motor. Gambar 2.9 merupakan *chip IC* L293D.

Beberapa fitur IC L293D

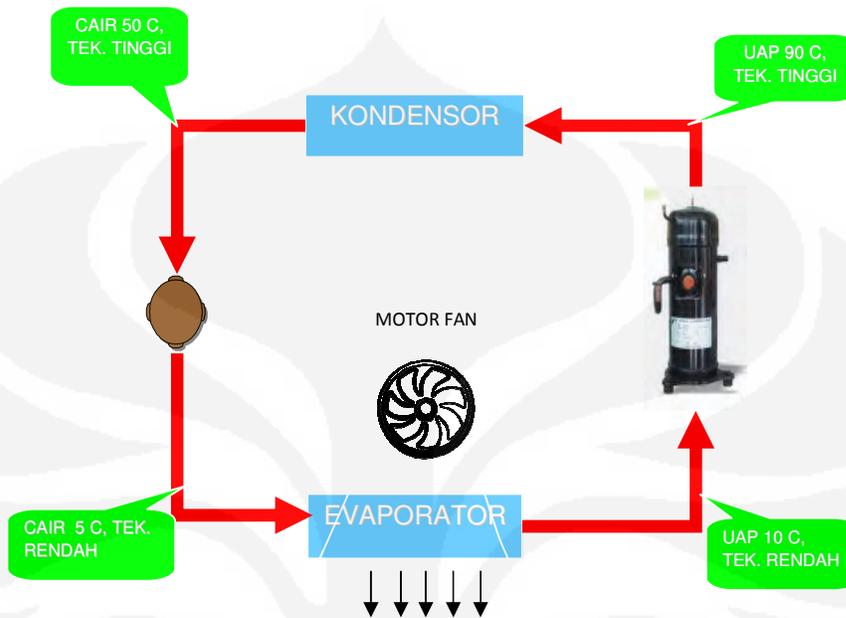
- Arus *output* mencapai 1 A untuk setiap *channel driver*.
- Fasilitas *enable inhibit*
- Proteksi temperature berlebih.
- Rangkaian internal dioda *clamp*.



Gambar 2.9 IC L293D

(Sumber : SGS Thomson, 1996: 2)

2.6 Sistem Air Conditioner



Gambar 2.10 Siklus Refrigrasi Sistem Air Conditioner

(Sumber : Arismunandar, Wiranto, 2005)

Gambar 2.10 merupakan siklus refrigrasi dari sistem *Air Conditioner*. Siklus refrigrasi merupakan sebuah siklus tertutup, dimana refrigerant yang mengalir didalam sistem *Air Conditioner* akan bersirkulasi secara terus menerus. Refrigerant didalam sistem akan dimampatkan oleh kompresor, sehingga mengakibatkan perubahan pada refrigerant, suhu menjadi 90°C , bertekanan tinggi, dan berupa uap. Pada fasa ini refrigerant dialirkan pada fin tembaga kondensor, untuk dibuang panasnya, kondisi refrigerant berubah menjadi bersuhu 50°C , berupa zat cair tetapi masih bertekanan tinggi. Setelah melewati kondensor, refrigerant melewati katup ekspansi sehingga mengakibatkan refrigerant berubah menjadi mempunyai suhu 5°C , dan bertekanan rendah. Udara ini yang akan dihembuskan oleh motor fan ketika melewati fin evaporator, untuk mendinginkan ruangan. Setelah melewati evaporator, refrigerant kembali berubah fasa menjadi uap, mempunyai suhu 10°C , dan bertekanan rendah. Refrigerant akan kembali dimampatkan oleh compressor, untuk kembali dialirkan ke fin kondensor. Proses ini terus menerus berlangsung selama sistem *Air Conditioner* dijalankan.

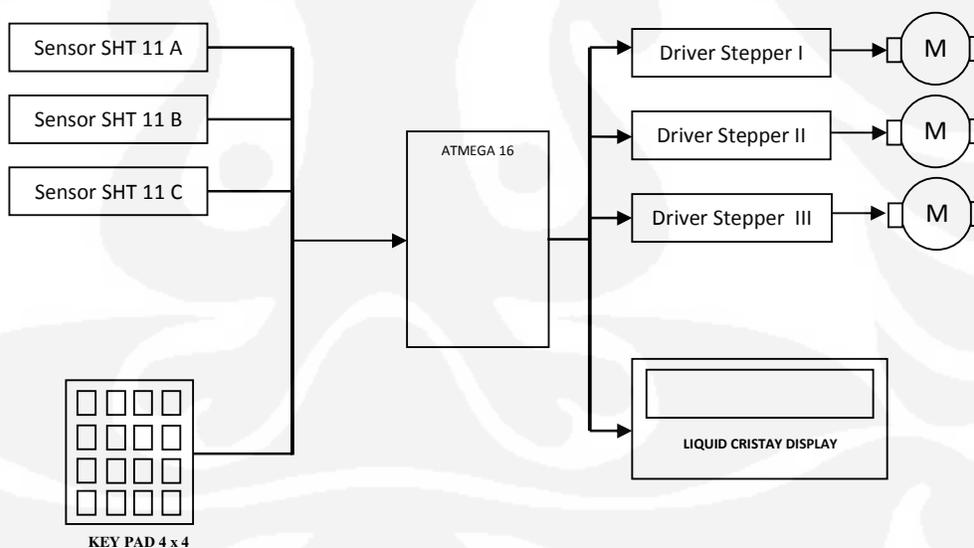
BAB III

RANCANGAN ALAT SISTEM PENGATURAN BUKA TUTUP VOLUME DAMPER PADA AIR CONDITIONER BERBASIS ATMEGA 16

Bab ini menjelaskan tentang perancangan pembuatan sistem pengontrolan buka tutup *Volume Damper* pada *Air Conditioning System* berbasis Mikrokontroler AT MEGA 16.

3.1 Diagram Blok Alat

Perancangan Peralatan meliputi diagram blok sistem, dan penjelasan prinsip kerja masing – masing blok rangkaian. Perancangan peralatan ini mengacu pada diagram blok, sebagai penjelasan umum dari keseluruhan sistem, diagram blok peralatan diperlihatkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Peralatan

Keterangan Diagram Blok :

1. ATMEGA 16 : Mikrokontroler yang berfungsi mengolah data pembacaan temperatur dan kelembaban udara pada mulut ducting, membandingkan dengan nilai *set point* temperatur dan memberikan respon kepada motor *stepper*.
2. SHT 11 : Sensor temperatur dan kelembaban udara, yang berfungsi membaca temperature dan kelembaban udara aktual di mulut ducting.
3. *KEY PAD* 4 x 4 : berfungsi untuk memasukkan nilai *set point* temperatur yang diinginkan.
4. *Driver Motor Stepper* : berfungsi untuk mengendalikan pergerakan motor *stepper*.
5. *Motor Stepper* : *Actuator* dari sistem, yang berfungsi untuk memberikan *respon* dari perintah mikrokontroler.
6. *Liquid Cristal Display* : Berfungsi untuk menampilkan tampilan suhu dan kelembaban udara yang terbaca oleh sensor.

3.2 Prinsip Kerja Peralatan

Peralatan pengontrolan buka tutup *Volume Damper* mempunyai obyek pengaturan sebanyak 3 unit *Volume Damper*, dimana setiap unit dilengkapi dengan sebuah sensor. Sensor SHT 11 merupakan *input* dari sistem, sedangkan motor *stepper* yang merupakan *actuator* dari sistem. Masing – masing obyek pengaturan disetting *default* oleh sistem secara program dengan nilai 25°C, ini digunakan untuk *setting* kondisi awal, jika *user* belum mensetting nilai *set point* di *keypad*. Nilai *set point* suhu dapat diubah sesuai dengan keinginan *user* dengan cara merubah nilai *set point* melalui *keypad*. Tampilan *LCD* akan meminta *user* untuk memasukkan 3 nilai *set point* untuk masing-masing obyek pengaturan *Volume Damper*. Settingan suhu ini disimpan di memori mikrokontroler. Untuk memastikan perintah *input* data sudah selesai, maka harus ditekan tombol “#”. Kemudian mikrokontrol akan me-*scan* pembacaan temperatur dan kelembaban

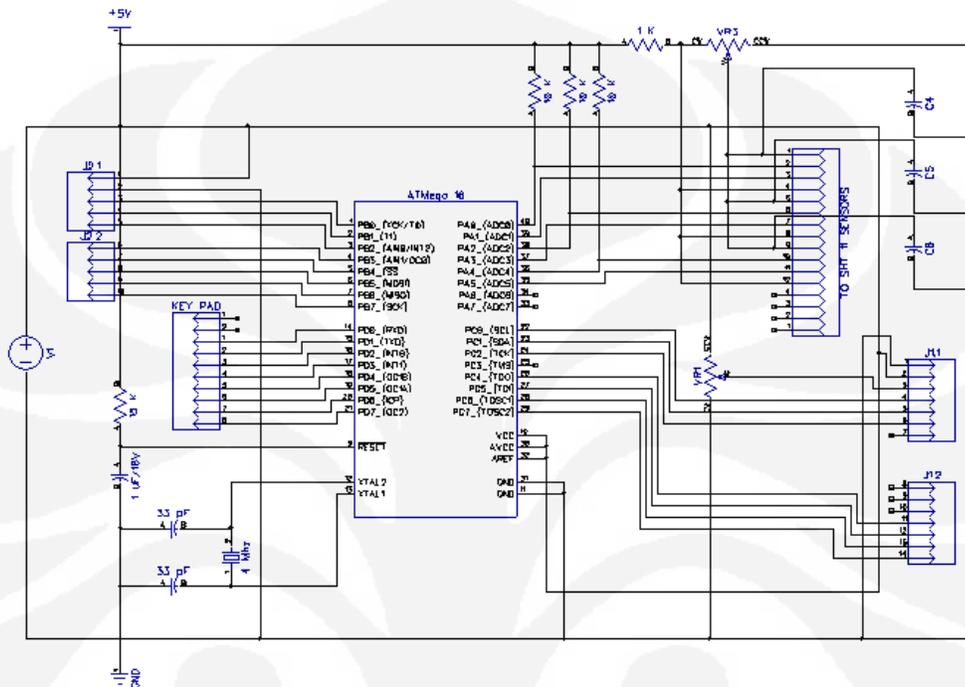
udara di semua sensor. Nilai kelembaban udara akan ditampilkan ke *LCD* untuk memberikan informasi prosentase kandungan uap air yang terdapat pada aliran udara. Nilai temperatur akan dibandingkan dengan nilai *set point* yang ada di memori, jika nilai temperatur aktual terbaca > (lebih besar) dari nilai *set point*, maka nilai *set point* akan mulai dibandingkan. Perbandingan pertama nilai *set point* ditambah 1°C , jika nilai nya sama dengan temperatur terbaca maka mikrokontroler akan memberikan perintah ke motor *stepper* sejumlah 25% dari keseluruhan langkah untuk sudut 90° bukaan *Volume Damper*. Jika nilai temperatur pembacaan tidak sama dengan nilai *set point* + 1°C , maka nilai *set point* ditambah 1°C lagi atau *set point* + 1°C + 1°C , dan kemudian dibandingkan kembali dengan temperatur terbaca, jika nilai sama maka mikrokontroler akan memberikan perintah ke motor *stepper* sejumlah 50% dari keseluruhan langkah. Jika nilai temperatur terbaca masih belum sama, maka kembali nilai *set point* + 1°C + 1°C + 1°C , dan kemudian dibandingkan kembali, jika nilai ini sama dengan nilai temperatur pembacaan maka mikrokontroler akan memberikan perintah ke motor *stepper* sejumlah 75% dari keseluruhan langkah. Jika nilai temperatur terbaca masih belum sama maka, kembali nilai *set point* + 1°C + 1°C + 1°C + 1°C . Nilai ini menjadi perbandingan terakhir, jika nilai temperatur lebih besar satu sama dengan nilai *set point* + 4°C maka mikrokontroler akan memberikan perintah membuka *full* dari *volume damper*. Setelah proses ini maka mikrokontroler akan melakukan pembacaan sensor II dan melakukan proses perbandingan untuk memperlakukan bukaan *Volume Damper* Sistem II, dengan proses yang sama. Kemudian dilanjutkan pembacaan sensor III dan melakukan proses perbandingan untuk memperlakukan bukaan *Volume Damper* Sistem III. Setelah ketiga sistem proses selesai dilakukan kembali mikrokontroler melakukan proses *scanning keypad*, menunggu jika *user* ingin merubah nilai *set point*.

3.3 Skema Rangkaian

Menjelaskan skema rangkaian yang akan digunakan untuk merancang peralatan pengontrolan buka tutup *Volume Damper*.

3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 16

Rangkaian kontrol diperlihatkan seperti gambar dibawah ini :

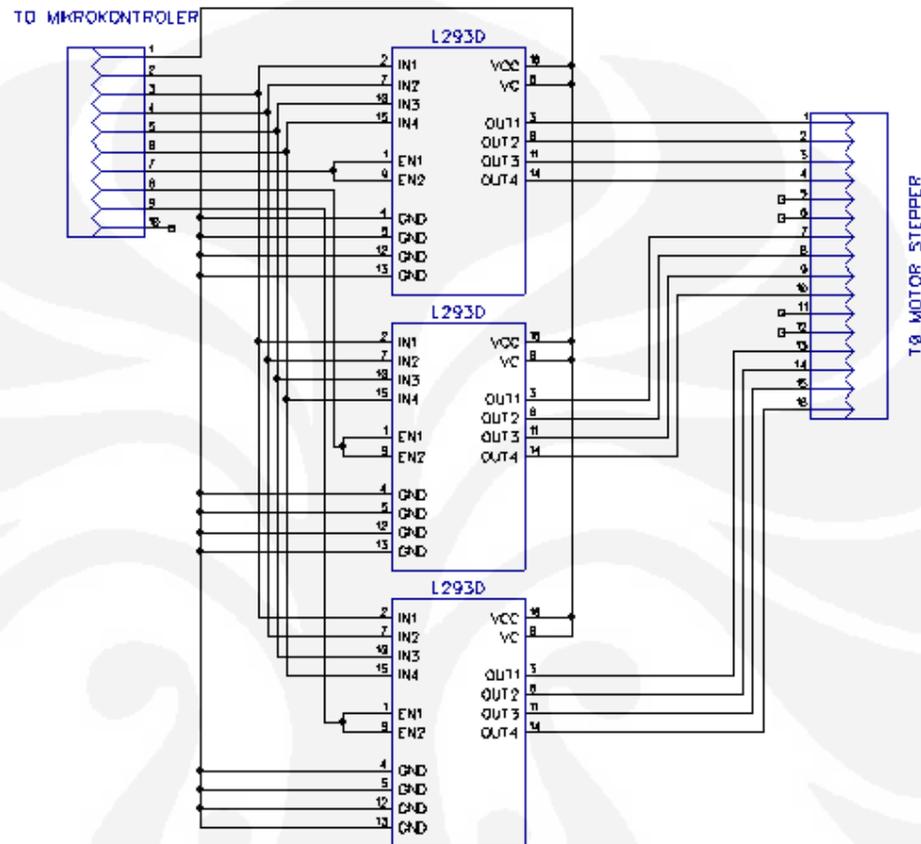


Gambar 3.2 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 16

Gambar 3.2 memperlihatkan rangkaian skematik ATMEGA 16, dengan rangkaian *oscillator* kristal 4 Mhz yang di *bypass* dengan 2 buah *capasitor* 33 pF dan rangkaian *on-reset* resistor 15 KOhm dan Elektrolit Condensator 1uF/16V. Untuk perancangan peralatan pengontrolan buka tutup *Volume Damper* menggunakan *port I/O* mikrokontroler ATMEGA 16, dimana *Port A* digunakan sebagai input 3 buah sensor SHT11 dimana tiap sensor menggunakan 2 buah *port I/O* sebagai sinyal *SCK* dan *DATA*. *Port I/O B* digunakan untuk *output* dari *driver* motor *stepper*, motor *stepper* membutuhkan 4 *bit* pengaturan maka hanya 4 kaki *port I/O B* saja yang digunakan, sedangkan sisanya sebagai *bit enable* untuk selector 3 buah motor *stepper*. *Port I/O C* digunakan untuk input dari *key pad* 4 x 4. Kemudian *Port I/O D* dari mikrokontroler digunakan untuk tampilan *LCD*.

3.3.2 Rangkaian *Driver Motor Stepper*

Rangkaian *Driver Motor Stepper* diperlihatkan pada gambar dibawah ini.

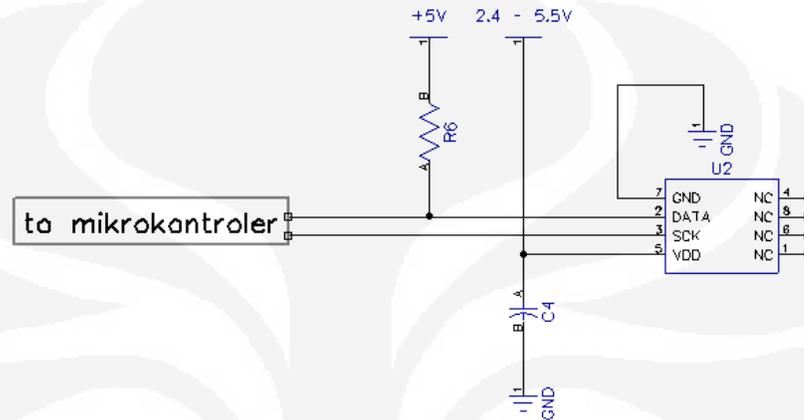


Gambar 3.3 Rangkaian *Driver Motor Stepper*

Pada rangkaian Gambar 3.3 diperlihatkan bahwa rangkaian *driver* digunakan 3 buah IC L293D untuk 3 buah motor *stepper*, 3 buah IC *driver* ini akan dikendalikan secara bergantian oleh mikrokontroler dengan menggunakan *bit enable* pada tiap IC *driver*. Spesifikasi Motor *stepper* yang digunakan adalah *Miniangle Stepper Type 23LM-C004-38* dengan tegangan per fasa 6.0 Volt dan Arus per fasa 1.2 A, dan derajat per langkahnya adalah 1.8° . Satu buah motor *stepper* digunakan untuk mengendalikan satu buah *Volume Damper*.

3.3.3 Rangkaian Sensor

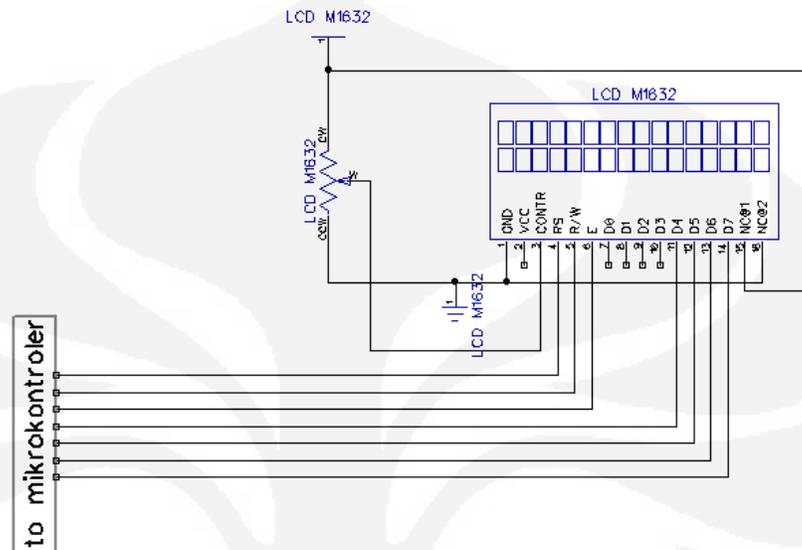
Rangkaian Sensor diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor dan Pengkondisi Sinyal

Rangkaian Gambar 3.4 merupakan rangkaian sensor SHT 11 dengan pengkondisi sinyalnya, sensor terkoneksi secara *serial* dengan mikrokontroler, dimana hanya menggunakan 2 buah kaki mikrokontroler yang digunakan sinyal *DATA* dan sinyal *SCK*. Koneksi jalur *DATA* di *pull-up* dengan resistor 10K. Sensor SHT 11 berfungsi untuk membaca nilai suhu dan nilai kelembaban udara, dimana untuk mengaplikasikannya sensor diperlakukan secara program dengan mengirim perintah 00000011 untuk pengukuran suhu dan perintah 00000101 untuk pengukuran kelembaban udara. Setelah menerima perintah, sensor membutuhkan waktu 20 – 320 ms, untuk membaca nilai suhu dan nilai kelembaban udara, kemudian 2 *byte* pengukuran dan 1 *byte* sinyal CRC akan di sensor untuk diterima mikrokontroler. Mikrokontroler harus menyatakan menerima tiap satu *bytes* dengan merubah sinyal *DATA* menjadi *LOW*.

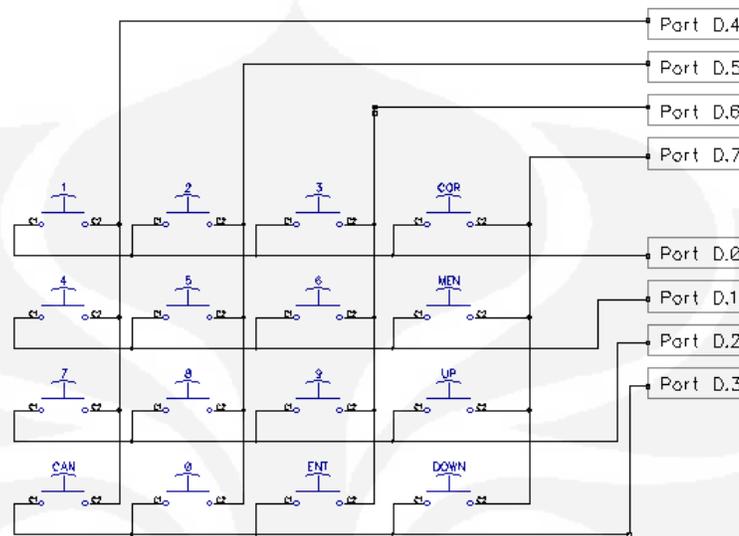
3.3.4 Rangkaian *Liquid Crystal Display*



Gambar 3.5 Rangkaian Penampil *Liquid Cristal Display*

Gambar 3.5 merupakan rangkaian penampil *Liquid Cristal Display* secara umum, dimana *LCD* membutuhkan catu daya 5V, kemudian membutuhkan tegangan kontras untuk mengatur terang gelap tampilan. *LCD* menerima data dari mikrokontroler melalui Port D4-D7. Untuk menerima data kaki R/W harus diberi logika “0”, dan berlogika “1” jika mengirimkan data ke mikrokontroler. Setiap kali menerima/mengirimkan data, untuk mengaktifkan *LCD*, mikrokontroler harus mengirimkan sinyal *enable* melalui kaki 6 pada *LCD* yaitu sinyal perpindahan dari logika “1” ke logika “0”. Pin *RS* (*Register Selector*), berguna untuk memilih *Instruction Register (IR)* atau data *register (DR)*. Jika nilai *RS* 1 dan *R/W* 1, maka akan dilakukan operasi penulisan data ke *DDRAM* atau *CGRAM*. Jika *RS* berlogika 0 dan *R/W* 1 maka mikrokontroler akan membaca data dari *DDRAM* atau *CGRAM* ke register *DR*. Karakter yang akan ditampilkan ke *display* disimpan dimemori *DDRAM*. Lokasi karakter yang akan ditampilkan ke *display* mempunyai alamat tertentu pada memori *DDRAM*.

3.3.5 Rangkaian Key Pad 4 x 4

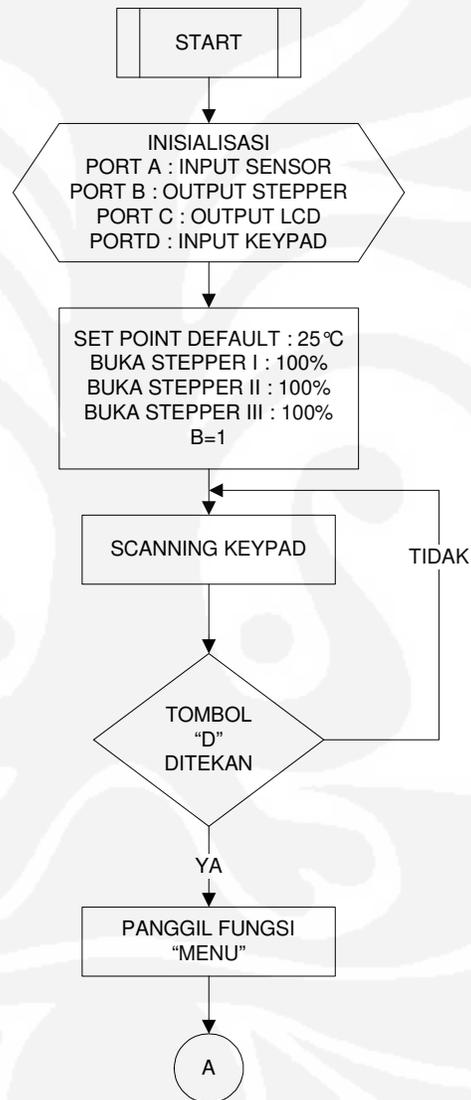


Gambar 3.6 Rangkaian Key Pad 4 x 4

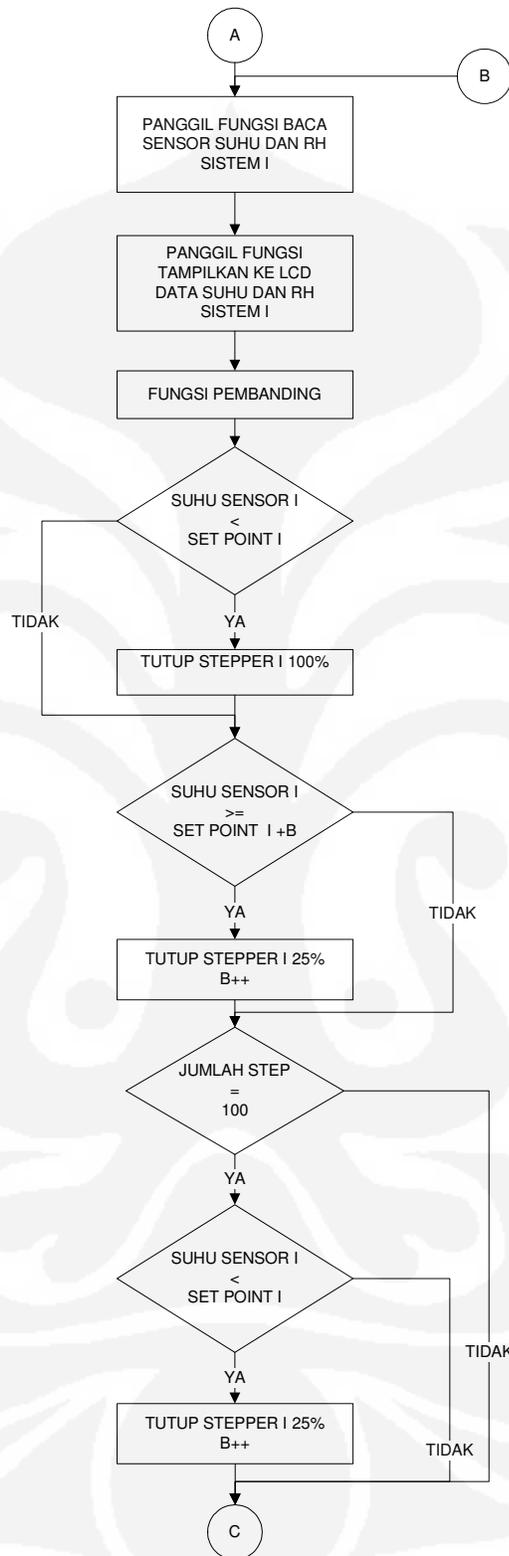
Gambar 3.6 merupakan rangkaian dasar keypad 4 x 4 yang merupakan perangkat input berupa saklar push button yang terdiri dari susunan baris dan kolom. Hubungan keypad dengan mikrokontroler terkoneksi dengan Port D.0-D.7. Untuk mengetahui saklar mana yang ditekan, maka mikrokontroler akan melakukan scanning susunan baris dan kolom dari saklar. Agar mikrokontroler mendeteksi baris dan kolom mana yang terhubung, sebagian port difungsikan sebagai output dan sebagian port lagi sebagai input. Maka pada rangkaian ini Port D.4 – Port D.7 difungsikan sebagai output dan Port D.0 – Port D.3 sebagai input. Scanning dilakukan pada Port sebagai output, yaitu dengan mengirimkan logika '0' pada kolom 1 dan logika '1' pada kolom lainnya. Setelah itu mikrokontroler akan membaca semua input, jika semua input berlogika '1', maka tidak ada tombol yang ditekan. Selanjutnya mikrokontroler kembali mengirimkan logika '0' pada kolom 2 dan logika '1' pada kolom lainnya, dan memeriksa input kembali, jika semua input berlogika '1' maka tidak ada tombol yang ditekan, begitu seterusnya pada kolom 3 dan 4. Dan mikrokontroler kembali melakukan scanning untuk kolom 1.

3.4 Perancangan Program

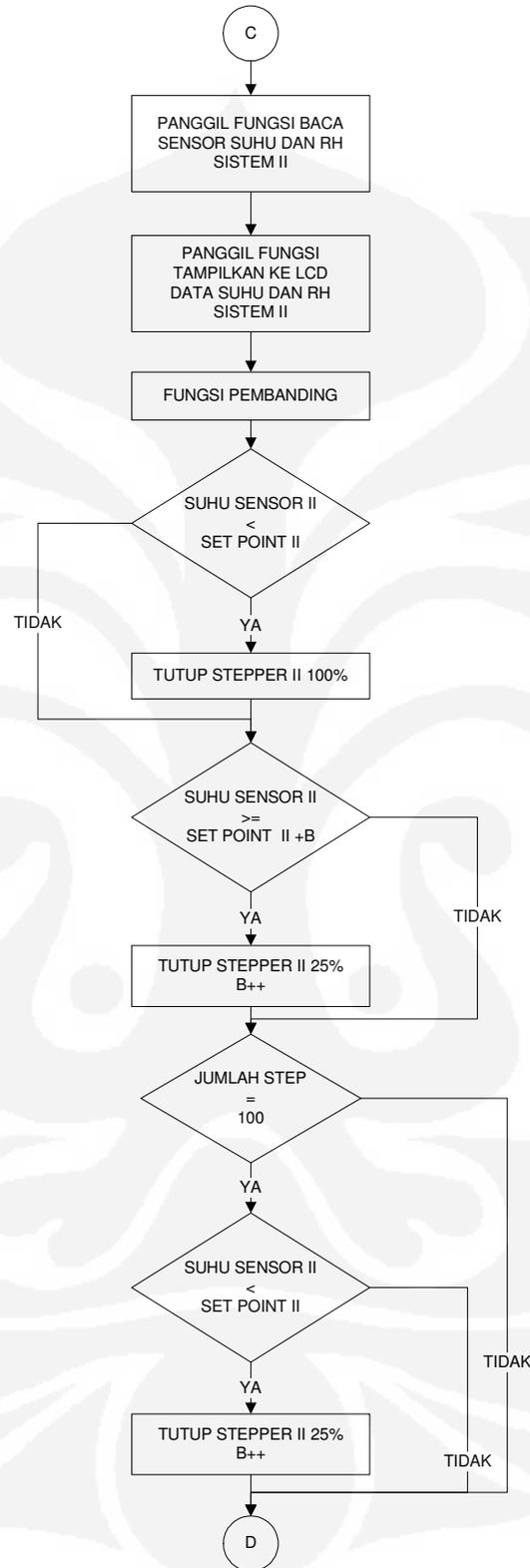
Perancangan Program meliputi penerapan program dalam susunan *Flow chart*, yang merupakan algoritma dari prinsip kerja peralatan pengontrolan buka tutup *Volume Damper*.



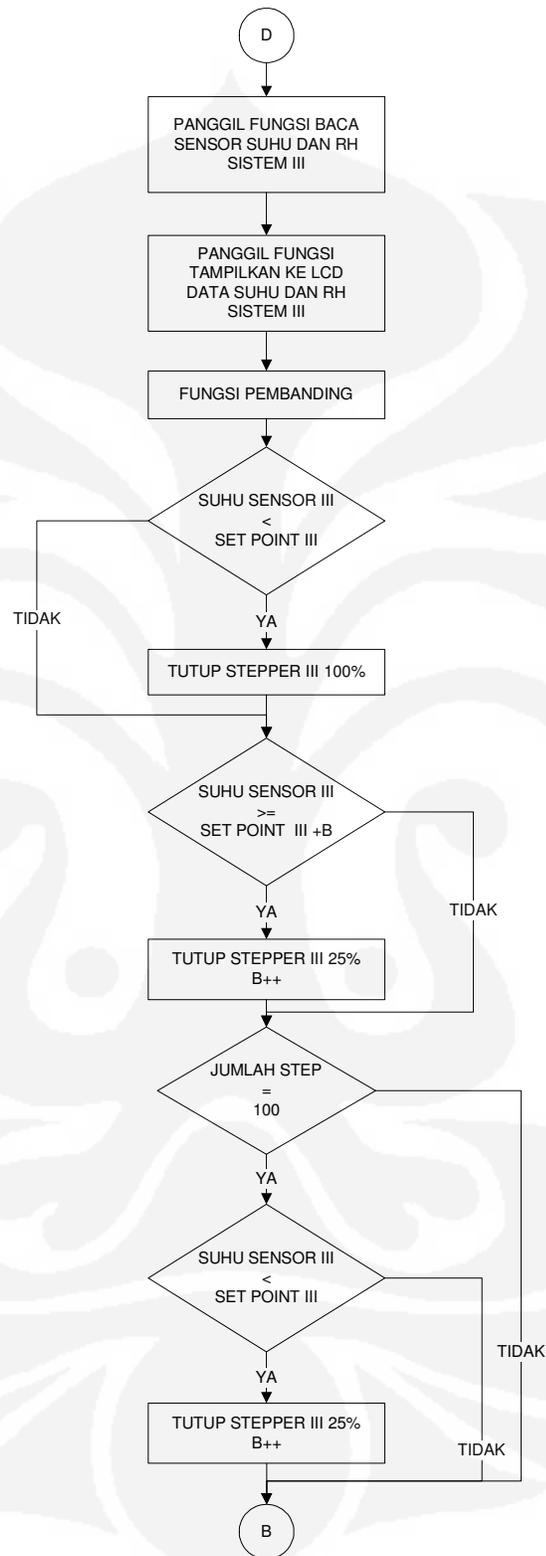
Gambar 3.7 Flow Chart Inisialisasi



Gambar 3.8 Flow Chart Program Sistem I



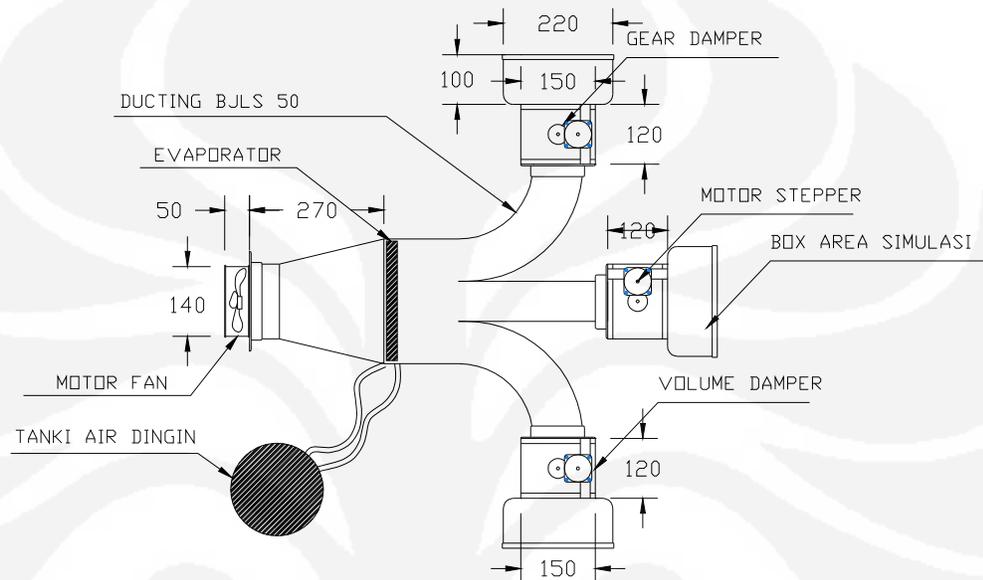
Gambar 3.9 Flow Chart Program Sistem II



Gambar 3.10 Flow Chart Program Sistem III

Sesuai dengan *flow chart* Gambar 3.7, Gambar 3.8, Gambar 3.9, dan Gambar 3.10 diatas, merupakan algoritma dari pemrograman peralatan. Mikrokontroler pertama kali akan menginisialisasi seluruh *port*-nya sebagai *input* dan *output*, kemudian secara program mikrokontroler memberikan nilai *set point* 25°C untuk tiap sistem. Jika tidak ada *input set point* dari user lewat *key pad*, maka nilai set point suhu yang dibandingkan dengan suhu pembacaan sensor adalah 25°C. Mikrokontroler akan melakukan *scanning*, terhadap penekanan tombol *keypad*. Tombol yang *discanning* adalah tombol D, jika tombol D ditekan maka program akan memanggil fungsi *MENU*. Fungsi menu digunakan untuk memberikan *input* nilai *set point* baru pada setiap sistem, setelah nilai *set point* dimasukkan maka *keypad* harus menunggu ditekan tombol “#” untuk mengkonfirmasi mengakhiri memasukkan data. Mikrokontroler akan melakukan proses *scanning* di *input* tiap sensor dan menampilkan suhu terbaca di *Liquid Cristal Display*. *Scanning* pertama dilakukan untuk sistem I. Nilai suhu terbaca dari sensor akan dibandingkan apakah < dengan nilai *set point* suhu. Jika suhu terbaca lebih kecil dari nilai suhu *set point*, berarti bahwa target suhu telah tercapai, maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada motor *stepper* untuk menutup *volume damper*. Setelah proses ini, program akan melakukan proses perbandingan prosentase buka *volume damper*, dimana nilai set point akan ditambahkan 1 derajat dengan dalam variable B. Jika nilai suhu pembacaan sensor lebih besar atau sama dengan nilai set point + 1 maka *volume damper* akan membuka sebesar 25%. Pada perbandingan berikutnya variabel B akan selalu dinaikan 1 derajat sampai batas kenaikan 4 derajat, untuk urutan bukaan *volume damper* 50%, 75%, dan 100%. Sebelum *volume damper* membuka 100%, nilai suhu pembacaan kembali dibandingkan, dengan tujuan agar jika suhu tercapai sebelum *volume damper* membuka 100%, *volume damper* kembali menutup. Proses pembacaan, menampilkan ke *LCD* dan perbandingan dengan nilai suhu *set point* dilakukan secara berurutan oleh mikrokontroler, mulai dari sistem I, kemudian sistem II, dan sistem III, lalu kembali ke sistem I.

3.5 Perancangan Prototipe Alat



Gambar 3.11 Desain Prototipe Alat

Gambar 3.11 merupakan desain prototipe alat, dimana merupakan ducting 3 cabang, material ducting menggunakan BJLS 50 (Baja Lapis Seng) dengan ketebalan 0.5 mm. Pada ujung cabang ducting dipasang satu buah *volume damper* disetiap ujung cabangnya. Di ujung cabang juga dipasang bok *arcilyc* untuk area simulasi yang dilengkapi *dimmer* lampu 2,5 watt x 2 buah yang berfungsi untuk memberikan kondisi panas pada lingkungan sensor.

Prototipe dilengkapi dengan motor fan 220 VAC 75 Watt, *coil* evaporator dari pipa tembaga ukuran 150 x 250 mm, dan tangki air dingin yang berfungsi untuk mensimulasikan sistem *Air Conditioner*. Tangki air akan diisi dengan air dingin yang bersuhu 15°C, kemudian dipompa untuk dialirkan ke coil evaporator. Evaporator akan menjadi dingin akibat aliran air dingin dari tangki, kemudian oleh motor fan akan mengalirkan udara untuk melewati kisi-kisi fin evaporator, yang akan mengakibatkan udara menjadi dingin.

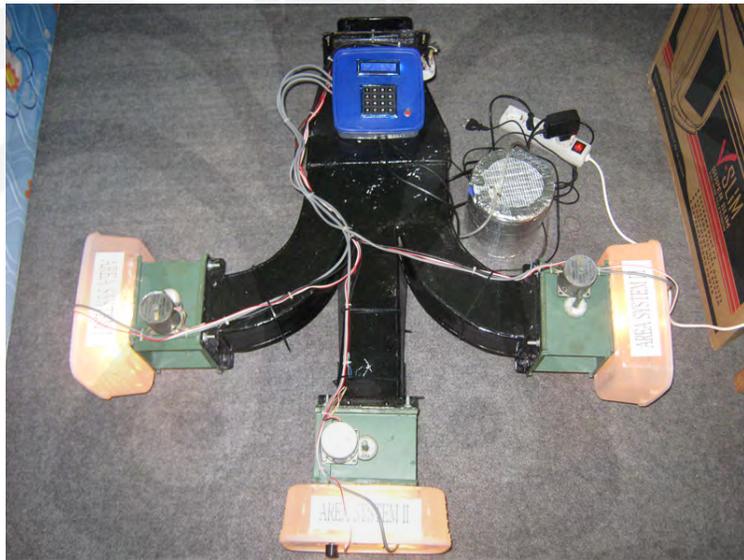
BAB IV

HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan tentang hasil dan analisa pembuatan pengontrolan buka tutup *Volume Damper* pada sistem *Air Conditioner* berbasis Mikrokontroler AT MEGA 16.

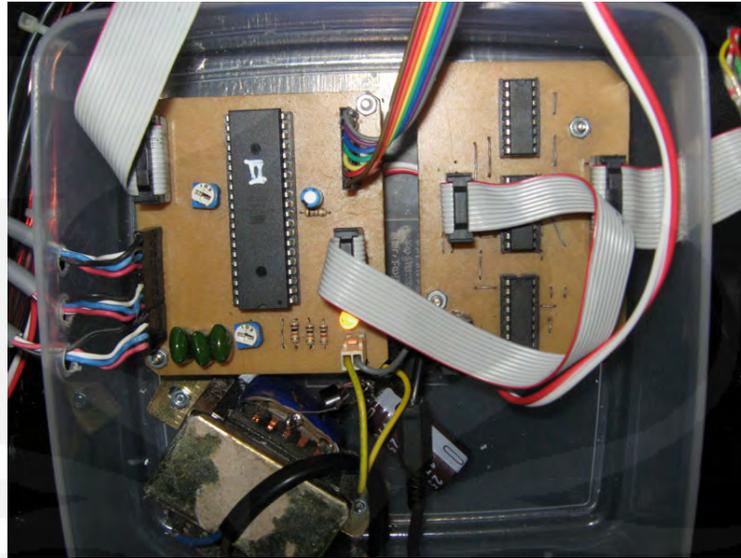
4.1 Realisasi Perancangan Peralatan

Realisasi perancangan diperlihatkan pada gambar dibawah ini



Gambar 4.1 Realisasi Prototipe Alat

Gambar 4.1 merupakan realisasi prototipe alat Rancang Bangun Pengaturan Buka Tutup *Volume Damper* pada Sistem *Air Conditioner*, yang terdiri dari 3 unit *Volume Damper*, dengan masing-masing sensor dan motor *stepper* ditiap sistemnya. Setiap sistem diberikan ruang simulasi lengkap dengan rangkaian *dimmer* lampu 2,5 watt x 2 untuk mengatur kondisi lingkungan suhu. Motor *Fan* pada ujung *ducting*, tangki air dingin dan *coil* evaporasi digunakan untuk simulasi sistem *Air Conditioner*.



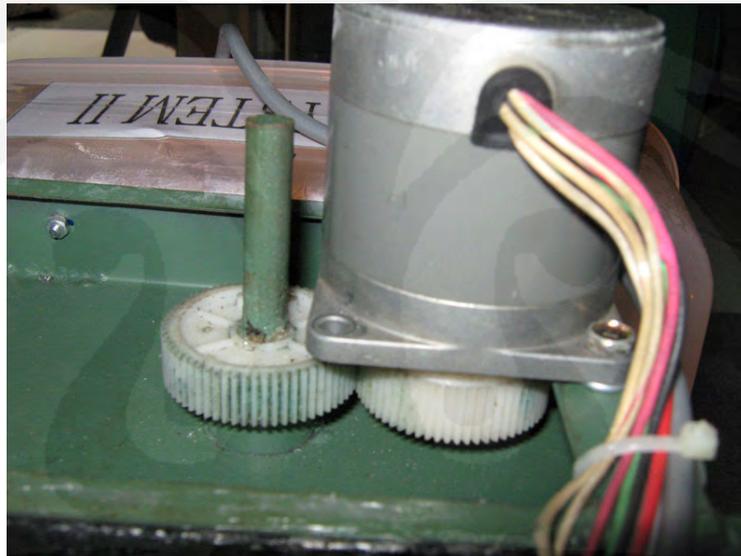
Gambar 4.2 Realisasi Rangkaian Kontrol

Gambar 4.2 merupakan realisasi rangkaian kontrol dimana merupakan sebuah minimum sistem ATMEGA 16. *Port A* dimanfaatkan sebagai *input* sensor, *Port B* sebagai *output* motor *stepper*, *Port C* digunakan sebagai *output* LCD, dan *Port D* sebagai *input* keypad. Rangkaian *driver stepper* merupakan rangkaian IC L293D dengan memanfaatkan pin *inhibit* untuk selektor masing-masing IC.



Gambar 4.3 Realisasi Tampilan Display

Gambar 4.3 merupakan tampilan pengukuran dan *set point* suhu yang menjadi target. Sistem menggunakan *LCD* 16 x 2, dimana baris pertama digunakan untuk tampilan suhu terbaca sensor, nilai ini akan selalu berubah-ubah setiap kali mikrokontroler memberikan perintah ke sensor untuk melakukan pengukuran. Baris kedua dari *LCD* digunakan untuk tampilan nilai *set point* dan nilai kelembaban udara yang terukur oleh sensor. Nilai kelembaban ini juga akan selalu berubah-ubah setiap sensor selesai melakukan pengukuran. Gambar 4.3 merupakan tampilan pengukuran untuk sistem I, jika sistem selesai melakukan pengukuran sistem lainnya, maka tampilan akan berubah yaitu baris pertama pada *LCD* akan menampilkan suhu 2, dan suhu 3.



Gambar 4.4 Koneksi Gear Stepper dan Gear Volume Damper

Gambar 4.4 merupakan susunan *gear volume damper* dan *gear* motor *stepper*, dengan perbandingan diameter gear adalah 1 : 1, dimana setiap putaran motor *stepper* sama dengan putaran bukaan *volume damper*. Desain ini bisa menggunakan perbandingan *gear* yang lebih kecil pada motor *stepper*, dengan tujuan agar beban pada motor *stepper* lebih ringan, tetapi akan berakibat jumlah langkah yang lebih banyak, dan waktu respon yang lebih lama.

4.2 Pengujian Pembacaan Sensor

Fungsi dari pengujian sensor SHT11 adalah melakukan percobaan dari masing – masing sensor atau sensor secara keseluruhan apakah respon dari sensor SHT11 sesuai dengan yang diharapkan.

4.2.1 Alat Pengujian

Nama Alat : *Thermometer Digital*

Merk : Ray tek

Type : DS-1

Nama Alat : *Minimum System* Mikrokontroler

Merk : ATMEL

Type : ATMEGA AVR 16

4.2.2 Prosedur Pengujian

Langkah – langkah pengujian pembacaan sensor adalah sebagai berikut :

1. *Chip Minimum System* Mikrokontroler, di *upload* dengan program pembacaan sensor.
2. *Minimum System* Mikrokontroler dikoneksi dengan modul *LCD* dan modul sensor. Dan meletakkan sensor dari thermometer pengkalibrasi didekat sensor SHT11.
3. *Minimum System* Mikrokontroler dijalankan.
4. Melakukan pengukuran dari pembacaan sensor dan dan pembacaan thermometer pengkalibrasi.
5. Mencatat dalam tabel pengujian.
6. Menghitung selisih pembacaan sensor dan pembacaan thermometer pengkalibrasi

4.2.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian pembacaan sensor sistem I diperlihatkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel Percobaan Pembacaan Sensor Sistem I pada Suhu 30,00 – 30,90

Jumlah Percobaan (N)	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Thermometer (°C)	Selisih (°C)
1	30,75	30,7	0,05
2	30,74	30,7	0,04
3	30,74	30,7	0,04
4	30,74	30,7	0,04
5	30,76	30,7	0,06
6	30,76	30,7	0,06
7	30,76	30,7	0,06
8	30,75	30,7	0,05
9	30,75	30,7	0,05
10	30,75	30,7	0,05

Dari data tabel 4.1, nilai rata – rata selisih pembacaan adalah 0,05 °C

Hasil pengujian pembacaan sensor sistem II diperlihatkan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel Percobaan Pembacaan Sensor Sistem I pada Suhu 30,00 – 30,90

Jumlah Percobaan (N)	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Thermometer (°C)	Selisih (°C)
1	30,53	30,5	0,03
2	30,54	30,5	0,04
3	30,54	30,5	0,04
4	30,54	30,5	0,04
5	30,53	30,5	0,03
6	30,55	30,5	0,05
7	30,55	30,5	0,05
8	30,56	30,6	0,04
9	30,56	30,6	0,04
10	30,56	30,6	0,04

Dari data tabel 4.2, nilai rata – rata selisih pembacaan adalah 0,044 °C

Hasil pengujian pembacaan sensor sistem III diperlihatkan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Percobaan Pembacaan Sensor Sistem I pada Suhu 30,00 – 30,90

Jumlah Percobaan (N)	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Thermometer (°C)	Selisih (°C)
1	31,28	31,3	0,02
2	31,28	31,3	0,02
3	31,29	31,3	0,09
4	31,30	31,3	0,01
5	31,30	31,3	0,00
6	31,30	31,3	0,00
7	30,31	31,3	0,01
8	30,31	31,3	0,01
9	30,31	31,3	0,01
10	30,31	31,3	0,01

Dari data tabel 4.3, nilai rata – rata selisih pembacaan adalah 0,01 °C

4.3 Pengujian Respon Langkah Motor Stepper

Pengujian respon motor stepper adalah percobaan untuk mengetahui apakah respon motor stepper sesuai dengan respon yang diinginkan. Prosedur pengujian respon Motor *Stepper*, dengan menggunakan *minimum system* mikrokontroler, secara program akan memberikan logika data ke motor *stepper* dan perubahan langkah akan diamati apakah searah jarum jam (CW) atau berlawanan arah jarum jam (CCW).

4.3.1 Alat Pengujian

Nama Alat : Multimeter Analog

Merk : Heles

Type : YX-360TRD

Nama Alat : *Minimum System* Mikrokontroler

Merk : ATMEL

Type : ATMEGA AVR 16

Nama Alat : Motor *Stepper*

Merk : ASTROSYN

Type : 23LM – C004-44

4.3.2 Prosedur Pengujian

Langkah – langkah pengujian respon motor *stepperr* adalah sebagai berikut :

1. *Chip Minimum System* Mikrokontroler, di *upload* dengan program motor *stepper*.
2. *Minimum System* Mikrokontroler dikoneksi dengan modul *LED* dan modul motor *stepper*. Dan meletakkan *probe* positif dari multimeter ke kabel lilitan motor *stepper* dan *probe* negatif ke *ground* dari *minimum system*.
3. *Minimum System* Mikrokontroler dijalankan.
4. Melakukan pengukuran tegangan dari pembacaan multimeter atau pengamatan nyala lampu pada modul *LED*. Dimana untuk tegangan 5 *Volt* dinyatakan dengan logika “1” dan tegangan 0 *Volt* dinyatakan dengan logika “0”. Atau logika “1” untuk *LED* yang menyala, dan logika “0” untuk *LED* yang padam.
5. Mencatat dalam tabel pengujian.
6. Mengamati apakah respon motor *stepper* searah jarum jam atau *CW* atau berlawanan dengan arah jarum jam atau *CCW*.

4.3.3 Hasil Pengujian Respon Langkah Motor *Stepper*

Data hasil pengujian motor *stepper* ditampilkan pada tabel 4.4 dan tabel 4.5.

Tabel 4.4 Tabel Percobaan Langkah Motor *Stepper*

Jumlah Langkah (N)	Logika Program				Arah langkah <i>Stepper</i> (CW / CCW)
1	1	0	0	0	CW
2	1	1	0	0	CW
3	0	1	0	0	CW
4	0	1	1	0	CW
5	0	0	1	0	CW
6	0	0	1	1	CW
7	0	0	0	1	CW
8	1	0	0	1	CW

Tabel 4.4 Tabel Percobaan Langkah Motor *Stepper*

Jumlah Langkah (N)	Logika Program				Arah langkah <i>Stepper</i> (CW / CCW)
1	1	0	0	1	CCW
2	0	0	0	1	CCW
3	0	0	1	1	CCW
4	0	0	1	0	CCW
5	0	1	1	0	CCW
6	0	1	0	0	CCW
7	1	1	0	0	CCW
8	1	0	0	0	CCW

Dari hasil percobaan tabel 4.4 dan tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa rangkaian *driver* motor *stepper* berfungsi dengan baik.

4.4 Analisa Waktu Respon Motor Stepper

Listing program untuk membuka *volume damper* pada posisi 100% terbuka adalah dengan program berikut :

```
while (i<100)
{
PORTB=step_1[a];
delay_ms(100);
a--;
i++;
if (a==0xFF) a=7;
step_position+=1; };
```

Dari listing program didapat bahwa untuk membuka posisi *volume damper* sebesar 100% membutuhkan 100 langkah, delay yang dibutuhkan untuk setiap langkah adalah 100 ms. Jadi jika 100 langkah (dengan mengabaikan waktu eksekusi perintah lainnya), maka pendekatan waktu yang dibutuhkan sistem untuk membuka posisi volume damper sebesar 100% adalah $100 \times 100 \text{ ms} = 10,000 \text{ ms} = 10 \text{ detik}$.

Listing program untuk memberikan perintah sistem untuk membuka posisi *volume damper* sebesar 25% adalah sebagai berikut :

```
while (i<25)
{
PORTB=step_1[a];
delay_ms(100);
a--;
```

```

i++;

if (a==0xFF) a=7;

step_position+=1;

if (step_position==100)
{
compare=0;

goto compare_0;

};

};

```

Dengan teori yang sama seperti pada listing program membuka posisi *volume damper* 100 %, maka waktu yang dibutuhkan untuk membuka *volume damper* adalah $25 \times 100 \text{ ms} = 2500 \text{ ms} = 2,5 \text{ detik}$.

4.5 Analisa Biaya Produksi

Berikut merupakan analisa biaya produksi dengan membandingkan sistem *existing* yang sudah ada.

4.5.1 Analisa Biaya Sistem Mikrokontroler AVR

Analisa didasarkan biaya pada saat sistem dikerjakan.

- Mikrokontroler ATMEGA 16	: 1 bh x Rp. 32,500	= Rp. 32,500
- Sensor SHT 11	: 3 bh x Rp. 235,000	= Rp. 705,000
- LCD M1632	: 1 bh x Rp. 40,000	= Rp. 40,000
- Motor Stepper	: 3 bh x Rp. 150,000	= Rp. 450,000
- Pabrikasi PCB	: 1 lot x Rp. 100,000	= Rp. 100,000

- Material Bantu	: 1 lot x Rp. 150,000	= Rp. 150,000
- Biaya Engineering	: 1 lot x Rp. 250,000	= Rp. 250,000
Total Biaya		Rp. 1,727,500
Profit 15%		Rp. 256,125
Grand Total		Rp. 1,986,625

Biaya produksi diatas merupakan biaya produksi untuk 3 buah sistem pengaturan *volume damper*, maka pendekatan biaya produksi untuk satu buah sistem pengaturan adalah Rp. 662,208, tidak termasuk biaya instalasi pengkabelan.

4.5.2 Analisa Biaya *Damper Actuator*

Analisa didasarkan pada sebuah penawaran dari perusahaan *supplier damper actuator* dengan nomor referensi Q/100604-BL tertanggal 04 Juni 2010.

Dengan perincian sebagai berikut :

- <i>Damper Actuator</i>	: 1 bh x USD 85	= USD 85
- <i>Manual Thermostat T6373A1108</i>	: 1 bh x USD 22	= USD 22
Total biaya		USD 107
Konversi nilai rupiah x Rp. 9.200		Rp. 984,400
Profit 15%		Rp. 147,660
Grand Total		Rp. 1,132,060

Dari perbandingan analisa biaya produksi didapat bahwa sistem berbasis mikrokontroler ATMEGA 16 mempunyai biaya produksi lebih rendah dibandingkan dengan sistem pengaturan *damper actuator*.

Sesuai dengan data *installation instruction damper actuator* dinyatakan bahwa waktu respon untuk membuka posisi 100 % membutuhkan waktu 3 menit. Jadi selain biaya produksi yang lebih murah sistem berbasis mikrokontroler

memiliki kelebihan waktu respon yang lebih cepat. Pada sistem berbasis mikrokontroler ATMEGA 16 juga mempunyai kemampuan untuk menampilkan data kelembaban udara melalui tampilan digital sedangkan pada analisa biaya *damper actuator, thermostat* yang ditawarkan adalah jenis manual. Jika ingin mengganti dengan thermostat digital maka diperlukan biaya tambahan sebesar USD 118, sehingga biaya produksi menjadi lebih mahal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan dan menyampaikan kesimpulan setelah mengkaji dan menguji peralatan Rancang Bangun Pengaturan *Volume Damper* pada *Sistem Air Conditioner* Berbasis ATMEGA16.

5.1 Kesimpulan

1. Bahwa peralatan Rancang Bangun Pengaturan *Volume Damper* pada *Sistem Air Conditioner* diaplikasikan untuk mengendalikan 3 buah *Volume Damper*.
2. Menggunakan sensor SHT 11 yang merupakan sensor suhu sekaligus sensor kelembaban udara.
3. Dari hasil pengujian, dihasilkan bahwa sensor SHT 11 dapat membaca suhu dengan kondisi lingkungan yang sesungguhnya.
4. Untuk membuka posisi *Volume Damper* sebesar 100%, diperlukan 100 langkah *stepper*, dengan rata-rata waktu yang diperlukan 10 detik.
5. Waktu yang diperlukan agar suhu kembali mencapai nilai set point, ditentukan oleh kapasitas dari sistem pendingin.
6. Jika peralatan diaplikasikan dengan *volume damper* yang ukuran dimensinya lebih besar, maka diperlukan untuk memperkecil perbandingan besar *gear* pada motor *stepper* atau mengganti motor *stepper* dengan daya yang lebih besar.
7. Sesuai dengan analisa biaya produksi disimpulkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler ATMEGA 16 mempunyai biaya produksi yang lebih rendah dibanding sistem *damper actuator*.

5.2 Saran

1. Perlu disempurnakan kembali bagian mekanik, terutama as *volume damper* agar tegak lurus, potongan blade *volume damper* yang simetris sehingga mekanisme putaran daun lebih ringan.
2. Peralatan dapat dimungkinkan untuk mengatur lebih dari 3 buah volume damper, dengan konsekuensi waktu respon yang lebih lama.
3. Supaya *gear* mekanik menjadi lebih tahan lama, maka *gear* harus diganti dengan material yang lebih kuat berbahan metal.

DAFTAR RUJUKAN

- ATMEL Corporation. 2008. *8 bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16A*. (Online), (<http://www.atmel.com>)
- Sensirion. 2009. Datasheet SHT 1x Humidity and Temperature Sensor. (Online), (<http://www.sensirion.com>)
- Bejo, Agus. 2008. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Budiharto, Widodo. 2008. *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega 16*. Jakarta : Elex Media Komputindo
- SGS Thompson. 1996. *L293D Push Pull Four Channel Driver with Diodes*. (Online) (<http://www.datasheet.com>)
- SGS Thompson. 1996. *Application Note Stepper Motor Driving*. (Online) (<http://www.datasheet.com>)
- Munir, Rinaldi. 2007. *Algoritma dan Pemrograman Dalam Bahasa Pascal dan C*. Bandung : Informatika
- Budiharto, Widodo. & Jefri, Togu. *12 Proyek Sistem Akuisisi Data*. Jakarta : Elex Media Komputindo
- Karyono, Tri Harso. 2001. *Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia*. Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 29
- Arismunandar, Wiranto. Saito, Heizo. 2005. *Penyegaran Udara*. Jakarta : Pradnya Paramita