

**TEKNIK AKUISISI DATA UNTUK SISTEM KENDALI DAN MONITORING  
KERJA AIR CONDITIONING PADA RUMAH CERDAS ENERGI**

***DATA ACQUISITION TECHNIQUE OF CONTROLLING AND  
MONITORING SYSTEM FOR THE WORKING AIR CONDITIONER  
IN AN ENERGY SMART HOUSE***

**ALI AKBAR STEVEN RAMSCHIE**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

**TEKNIK AKUISISI DATA UNTUK SISTEM KONTROL DAN MONITORING  
KERJA *AIR CONDITIONING* PADA RUMAH CERDAS ENERGI.**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

**ALI AKBAR STEVEN RAMSCHIE**

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ali Akbar Steven Ramschie

Nomor mahasiswa : P2700211445

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2013

Yang menyatakan

Ali Akbar Steven Ramschie

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus yang adalah sumber segala ilmu dan pengetahuan, yang telah memberikan hikmat, tuntunan, penyertaan serta lindungan, selama penulis menyelesaikan studi di pasca sarjana UNHAS, sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan tesis ini. Meskipun dalam penyusunan tesis ini, banyak menghadapi berbagai macam hambatan, rintangan dan tantangan yang harus dilalui, tetapi berkat pertolongan Tuhan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga tesis ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dengan keterbatasan kemampuan yang ada sehingga penulisan jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak yang bertujuan kearah penyempurnaan tesis ini.

Selama proses penyelesaian tesis ini banyak ditunjang dengan bantuan tenaga, pemikiran baik moral maupun material dari banyak pihak. Oleh karena itu, sepantasnyalah bila pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan banyak-banyak terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Amil Ahmad Ilham,ST,MIT,Ph.D sebagai Ketua Komisi Penasehat dan bapak Dr.Eng.Syafaruddin,ST.M.Eng sebagai Anggota Komisi Penasehat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan

mulai dari pembimbingan proposal penelitian, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan hasil penelitian ini.

2. Bapak Prof.Dr.Ir.H.Salama Manjang, MT selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Dosen Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Fakultas Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Informatika yang telah mendidik dan mengajarkan berbagai disiplin ilmu kepada penulis.
4. Orang tua serta kakak-kakak penulis yang telah menopang dalam Doa sehingga proses penulisan tesis ini dapat berjalan dengan baik dan tepat waktu.
5. Spesial buat Istri tercinta Barliantina Sukori, dan kedua buah hatiku Denada dan Oktaviane yang selalu mendoakan dan memberi motivasi dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Kepada rekan-rekan mahasiswa pascasarjana Teknik Informatika Universitas Hasanuddin angkatan 2011 yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tesis ini

Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga apa yang tertulis dalam tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, Agustus 2013

Ali Akbar Steven Ranschie

## ABSTRAK

**Ali Akbar Steven Ramschie.** Teknik akuisisi data untuk sistem kendali dan monitoring kerja air conditioning pada rumah cerdas energi (dibimbing oleh **Amil Ahmad Ilham,ST,MIT,Ph.D** dan **Dr.Eng. Syafaruddin, ST. M.Eng**)

Salah satu penyebab terjadinya pemborosan energi listrik pada penggunaan air conditioning adalah penyaring udara yang kotor. Dengan kondisi penyaring udara yang kotor, waktu aktif kompresor untuk mencapai suatu keadaan suhu tertentu menjadi lebih lama, sehingga dapat meningkatkan konsumsi energi listrik dari peralatan AC yang digunakan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu prototipe sistem yang dapat mengukur peningkatan energi listrik peralatan AC sehubungan dengan penyaring udara AC . Selain itu prototipe ini bisa juga digunakan untuk menonaktifkan kerja AC jika terindikasi penyaring udaranya kotor, memberikan informasi sehubungan dengan kondisi penyaring udara AC, mengaktifkan alarm jika terindikasi penyaring udara AC kotor, pengaturan setingan suhu AC yang dibatasi pada 24°C sampai dengan 27°C. Prototipe dibangun dari mikrokontroler ATmega 8535.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat penyaring udara AC masih bersih, konsumsi energi listrik selama 2 jam terukur sebesar 590,95 Wh pada setingan suhu 24°C, 568,65 Wh pada setingan suhu 25°C, 546,35 Wh pada setingan suhu 26°C dan 535,26 Wh pada setingan suhu 27°C. Pada saat penyaring udara AC kotor, konsumsi energi listrik selama 2 jam terukur sebesar 709,51 Wh pada setingan suhu 24°C, 706,91 Wh pada setingan suhu 25°C, 700,41 Wh pada setingan suhu 26°C dan 695,43 Wh pada setingan suhu 27°C. Dengan menggunakan sistem yang dibuat, terjadi penghematan energi listrik sebesar: 99,57 Wh pada setingan suhu 24°C, 69,69 Wh pada setingan suhu 25°C, 28,99 Wh pada setingan suhu 26°C dan 8,77 Wh pada setingan suhu 27°C.

Kata kunci : control, monitoring, air conditioning

## ABSTRACT

**Ali Akbar Steven Ramschie.** Data Acquisition Technique of Controlling And Monitoring System For The Working Air Conditioner In An Energy Smart House (Under supervised by **Amil Ahmad Ilham,ST,MIT,Ph.D** and **Dr.Eng. Syafaruddin, ST.M.Eng**)

One factor that impact to inefficiency energy in the use of air conditioning is a dirty air filter. At a dirty air filter condition, active time compressor to achieve a certain temperature state becomes longer, thus increasing the electrical energy consumption of air-conditioning equipment.

In this research we develop a prototype system that can measure the increase in electric energy AC equipment. Besides, this prototype can be used for turn off the AC work if indicated dirty air filter, providing information with respect to the condition of the air conditioning filter, activate the alarm if indicated air filter is dirty, the air conditioning temperature setting is limited to 24°C up to 27°C. The prototype is design from a microcontroller ATmega 8535.

The results showed that when the air conditioning filter is clean, electrical energy consumption for 2 hour measured at 590.95 Wh for 24°C temperature settings, 568.65 Wh for 25°C temperature settings, temperature settings 546.35 Wh for 26°C and 535.26 Wh for 27°C temperature setting. By the time the air filter is dirty, the electrical energy consumption for 2 hour measured at 709.51 Wh for 24°C temperature settings, 706.91 Wh for 25°C temperature settings, 700.41 Wh for 26°C temperature settings and 695.43 Wh for 27°C temperature settings. By using the system are made, saving electricity occurs by: 99.57 Wh for 24°C temperature settings, 69.69 Wh for 25°C temperature settings, 28.99 Wh for 26°C temperature settings and 8.77 Wh for 27°C temperature settings.

Keywords: control, monitoring, air conditioning

**DAFTAR ISI**

PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
F. Cakupan dan Batasan Masalah .....	6
1. Cakupan.....	6
2. Batasan Masalah.....	7
G. Sistematika Penulisan .....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	10
A. Akuisisi Data .....	11
B. Sistem Informasi .....	13
C. Mikrokontroler ATmega 8535.....	14
D. Program Atmel AVR.....	18

E. LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ) .....	21
F. Light Emiting Diode ( <i>LED</i> ) .....	24
G. Buzzer .....	25
H. Sensor Arus .....	26
I. <i>Remote Control</i> .....	29
J. <i>Driver Relay</i> .....	30
K. Penelitian Yang Terkait .....	32
III. METODE PENELITIAN .....	35
A. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	35
B. Jenis Penelitian .....	35
C. Metode Penelitian .....	35
D. Tahapan Penelitian .....	39
E. Perancangan Sistem .....	41
IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN .....	64
A. Pengujian Perangkat Keras .....	64
1. Pengujian Rangkaian Sensor Arus .....	64
2. Pengujian ADC .....	74
3. Pengujian Rangkaian Driver Relay on/off AC .....	77
4. Pengujian Driver Alarm .....	78
5. Pengujian rangkaian <i>driver relay</i> untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada <i>remote control</i> ....	80
6. Pengujian rangkaian <i>driver</i> untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada system .....	82

B. Pengujian Fungsional Perangkat Lunak .....	84
1. Pengujian program untuk mengaktifkan system.....	85
2. Pengujian program untuk membaca tombol suhu naik...	89
3. Pengujian program untuk membaca tombol suhu turun..	90
4. Pengujian program untuk membaca keadaan tombol <i>off AC</i> .....	92
5. Pengujian program untuk pengecekan settingan suhu <i>AC</i> .....	93
6. Pengujian program untuk membaca data sensor arus melalui <i>ADC</i> .....	94
7. Pengujian program pada saat terindikasi bahwa <i>AC</i> perlu dilakukan perawatan.....	97
C. Pengujian Sistem .....	99
1. Pengujian sistem pada kondisi penyaring udara <i>air conditioning</i> masih dalam keadaan bersih .....	100
2. Pengujian sistem pada kondisi penyaring udara <i>air conditioning</i> dalam keadaan kotor .....	108
D. Diskusi.....	126
V. PENUTUP .....	132
1. Simpulan .....	132
2. Saran .....	133

Daftar Pustaka

Lampiran

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Blok diagram sistem akuisisi data .....	11
2. Proses akuisisi data menggunakan komputer .....	12
3. Konfigurasi pin <i>ATMega8535</i> .....	15
4. Skematik sistem minimum <i>ATmega 8535</i> .....	16
5. Modul <i>LCD</i> karakter 2x16 .....	22
6. Bentuk fisik komponen <i>LED</i> .....	24
7. <i>Buzzer</i> .....	26
8. IC sensor arus <i>ACS 712</i> .....	27
9. <i>Driver Relay</i> .....	31
10. Blok diagram metodologi penelitian.....	36
11. Blok diagram sistem .....	42
12. <i>Driver</i> sensor arus .....	43
13. <i>Driver relay</i> suplai kelistrikan <i>AC</i> .....	44
14. Blok diagram pengaturan settingan suhu <i>AC</i> .....	46
15. Blok diagram tombol <i>reset</i> , tombol <i>on-off</i> dan <i>driver on-off AC</i> .....	47
16. <i>Driver</i> alarm.....	48
17. Rangkaian catu daya.....	50
18. Flow Chart Diagram.....	51
19. Bagian mulai.....	52
20. Bagian keadaan tombol <i>on</i> .....	52

21.	Bagian pembacaan tombol suhu naik.....	53
22.	Bagian pembacaan tombol suhu turun .....	54
23.	Tombol <i>off system</i> .....	56
24.	Bagian pengecekan tombol suhu naik.....	56
25.	Bagian pengecekan tombol suhu turun .....	57
26.	Bagian membaca data sensor arus .....	58
27.	Bagian perawatan <i>AC</i> .....	60
28.	<i>IDE codevision AVR</i> .....	61
29.	Membuat <i>project</i> baru.....	61
30.	Tampilan <i>code wizard AVR</i> .....	62
31.	Tampilan pembuatan program .....	63
32.	Pengujian sensor arus.....	64
33.	Pengujian rangkaian <i>driver relay</i> untuk <i>on/off AC</i> .....	77
34.	Pengujian rangkaian <i>driver alarm</i> .....	79
35.	Pengujian rangkaian <i>driver relay</i> untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada <i>remote control</i> .....	81
36.	Pengujian rangkaian <i>driver</i> untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem.....	83
37.	Tampilan informasi untuk penekanan tombol on .....	86
38.	Memperlihatkan informasi setelah penekanan tombol <i>on</i> .....	86
39.	Tampilan settingan suhu <i>AC remote control</i> pada saat tombol suhu naik ditekan.....	90
40.	Tampilan settingan suhu <i>AC remote control</i> pada saat	

tombol suhu turun ditekan .....	91
41. Tampilan pada saat tombol <i>off</i> ditekan.....	93
42. Tampilan hasil pengujian program pada saat kompresor <i>off</i> ..	96
43. Tampilan hasil pengujian program pada saat kompresor on dan penyaring udaranya belum kotor .....	97
44. Tampilan pengujian program pada saat AC perlu dilakukan perawatan.....	98
45. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 24°C .....	101
46. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 24°C .....	101
47. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 25°C .....	103
48. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 25°C .....	103
49. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 26°C .....	105
50. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 26°C .....	105
51. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 27°C .....	107
52. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 27°C.....	107

53. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara  
AC telah kotor pada setingan suhu 24°C..... 109
54. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring  
udara AC telah kotor pada suhu 24°C ..... 109
55. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara  
AC telah kotor pada setingan suhu 25°C..... 111
56. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring  
udara AC telah kotor pada suhu 25°C ..... 111
57. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara  
AC telah kotor pada setingan suhu 26°C..... 113
58. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring  
udara AC telah kotor pada suhu 26°C ..... 113
59. Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara  
AC telah kotor pada setingan suhu 27°C..... 115
60. Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring  
udara AC telah kotor pada suhu 27°C ..... 115
61. Akumulasi energi listrik untuk kondisi penyaring udara AC..... 116

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Pengujian sensor arus.....	65
2. Data <i>ADC</i> .....	74
3. Data pengujian <i>driver relay</i> untuk <i>on/off AC</i> .....	77
4. Data pengujian <i>driver alarm</i> .....	79
5. Data pengujian <i>driver relay</i> untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada <i>remote control</i> .....	81
6. Data pengujian <i>driver</i> untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem .....	83
7. Hasil pengujian keadaan <i>driver relay</i> suplai kelistrikan <i>AC</i> , keadaan <i>alarm</i> , keadaan tombol suhu naik dan keadaan tombol suhu turun .....	88
8. Hasil pengujian Keadaan sistem untuk fungsi dari <i>remote</i> <i>control</i> , pengaktifan <i>AC</i> dan settingan awal suhu <i>AC</i> pada 24°C	89
9. Hasil pengujian program pada saat tombol suhu naik ditekan ....	90
10. Hasil pengujian program pada saat tombol suhu turun ditekan...	91
11. Hasil pengujian program pada saat tombol off <i>AC</i> ditekan.....	92
12. Hasil pengujian program untuk pengecekan settingan suhu <i>AC</i> .....	94
13. Hasil pengujian penyaring udara <i>AC</i> masih bersih pada settingan suhu 24°C .....	100

14.	Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 25°C .....	102
15.	Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 26°C .....	104
16.	Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 27°C .....	106
17.	Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 24°C .....	108
18.	Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 25°C .....	110
19.	Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 26°C .....	112
20.	Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 27°C .....	114
21.	Hasil perhitungan besarnya energi listrik dan harga bayar dari pemakaian AC saat penyaring udara bersih.....	118
22.	Hasil perhitungan besarnya energi listrik dan harga bayar pemakaian AC saat penyaring udara kotor .....	120

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Gambar sistem .....	137
2. Data pengukuran .....	138
3. Pengujian sistem .....	139
4. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 24°C pada saat penyaring udara AC bersih .....	142
5. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 25°C pada saat penyaring udara AC bersih.....	143
6. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 26°C pada saat penyaring udara AC bersih.....	144
7. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 27°C pada saat penyaring udara AC bersih.....	145
8. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 24°C pada saat penyaring udara AC kotor.....	146
9. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 25°C pada saat penyaring udara AC kotor.....	147
10. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 26°C pada saat penyaring udara AC kotor .....	148
11. Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 27°C pada saat penyaring udara AC kotor .....	149
12. Coding program .....	150

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sistem rumah cerdas adalah sebuah sistem dengan bantuan teknologi yang dapat membantu penggunanya untuk mendapatkan rasa nyaman, aman dan dapat menghemat pemakaian energi listrik. Sistem ini bisa saja secara otomatis dan terprogram melalui komputer atau alat canggih lainnya. yang digunakan pada gedung atau rumah tinggal. Sistem rumah cerdas dapat digunakan untuk pengontrolan hampir semua perlengkapan dan peralatan di rumah, mulai dari pengaturan kerja AC hingga ke berbagai alat-alat rumah tangga yang perintahnya dapat dilakukan dengan menggunakan sensor sebagai pendeteksi.

Pemerintah melalui Dirjen Kelistrikan Kementerian ESDM mengatakan bahwa temperatur AC gedung pemerintah wajib disetel 24°C guna proses penghematan listrik. Disamping itu menurut peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian energi listrik seperti tercantum pada Pasal 4 Ayat 2a poin 6 mengatakan bahwa apabila menggunakan AC dilakukan dengan cara mengatur suhu dan kelembaban relatif sesuai Standar Nasional Indonesia yaitu untuk ruang kerja suhu berkisar antara 24°C hingga 27°C dengan kelembaban udara antara 55% sampai dengan 65%,

dan untuk lobi dan koridor suhu berkisar antara 27°C hingga 30°C dengan kelembaban udara antara 50% sampai dengan 70% (peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 13 tahun 2012). Dengan demikian, terdapat beberapa usaha yang dilakukan oleh pengguna AC baik berskala rumah tangga, ataupun perkantoran untuk mendukung usaha pemerintah tersebut diantaranya dengan cara memilih AC hemat energi.

Beberapa perusahaan besar yang bergerak di bidang *air conditioning* telah mengeluarkan produk-produk mereka sehubungan dengan penghematan energi listrik seperti :

#### 1. Perusahaan LG

Perusahaan LG telah mengeluarkan AC terbaru mereka yaitu LG Terminator ½ PK dengan model S05ICE-X, dimana AC ini dilengkapi dengan fitur-fitur *Auto Clean, 4 way Auto Swing, Jet Cool, Gold Fin Anti Corrosin, Energi Saving, Ionizer, 24 hours ON/OFF Timer* (Timer ini dapat dioperasikan melalui remote untuk meng-ON/OFF-kan AC), *Triple Filter* dengan mengkonsumsi energi listrik sebesar 500 Watt pada saat proses awal operasi dan 350 Watt saat proses pendinginan berlangsung (manual book LG S05ICE-X).

#### 2. Perusahaan Panasonic

Perusahaan Panasonic mengeluarkan produk AC terbaru mereka dengan model CS-PC9NKJ berkapasitas 1 PK. Fitur-fitur yang ada di AC ini yaitu *Timer ON/OFF 24 jam* (timer ini dapat dioperasikan melalui

*remote* untuk meng-ON/OFF kan AC), *Eco Smart*, dengan mengkonsumsi energi listrik sebesar 840 Watt (manual book panasonic CS-PC9NKJ).

### 3. Perusahaan Sharp

Perusahaan Sharp telah mengeluarkan produk terbaru mereka berupa AC hemat energi, misalnya Sharp Sayonara Panas V dimana AC yang hadir dalam dua seri yaitu seri MHL dan seri MSL. Seri MHL terdiri dari 0,5 PK (AH-AP5MHL), 1 PK (AH-AP9MHL), 0,75 PK (AH-AP7MHL), 1,5 PK (AH-AP12MHL), dan 2 PK (AH-AP18MHL). Sedangkan untuk seri MSL, terdiri dari 0,5 PK (AH-AP5MSL), 0,75 PK (AH-AP7MSL), dan 1 PK (AH-AP9MSL). Keunggulan dari Sayonara Panas V adalah hemat energi atau *Low Wattage* Sistem dengan hanya mengkonsumsi listrik 330 Watt saja untuk kapasitas 0,5 PK, 540 Wataa untuk 0,75 PK, 690 Watt untuk 1 PK, dan 970 Watt untuk 1,5 PK. Kelebihan lainnya adalah AC tetap beroperasi dingin walaupun tegangan tidak stabil dan turun sampai dengan 160 Volt. Sayonara Panas V juga dikengkapi dengan fitur *Filter Sign*, dimana fitur ini merupakan sensor yang memberikan tanda untuk membersihkan filter yang terdapat pada AC (*counter sensor 200 hours*) ([www.sharp-indonesia.com](http://www.sharp-indonesia.com)).

Dari uraian mengenai AC terbaru yang dikeluarkan oleh beberapa perusahaan, hanya perusahaan Sharp yang mengeluarkan produk mereka sehubungan dengan proses perawatan AC jika penyaring udaranya telah kotor, dimana indikasi yang menunjukkan hal tersebut

adalah pada saat sensor *counter* menghitung waktu pemakaian AC telah mencapai 200 jam. Permasalahan yang timbul disini yaitu jika penyaring udara dari AC tersebut telah kotor sebelum mencapai waktu yang ditentukan yaitu selama 200 jam, pasti akan terjadi pemborosan energi listrik akibat dari permasalahan tersebut, karena jika penyaring udaranya kotor, maka konsumsi energi listrik akan bertambah karena waktu aktif kompresor yang lama.

Untuk mengatasi hal tersebut, perlu ditambahkan suatu sistem kendali dan monitoring pada peralatan *air conditioning* itu sendiri tanpa merubah sistem yang ada dalam hal memonitoring kerja *air conditioning* sehubungan dengan penyaring udaranya apakah masih bersih atau telah kotor sehingga perlu dilakukan perawatan, memonitoring pemakaian energi listrik *air conditioning* dan besarnya rupiah yang harus di bayar, Membatasi settingan suhu *air conditioning* pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C serta Menonaktifkan kerja *air conditioning* dan mengaktifkan *alarm* pada saat terindikasi perlu dilakukan perawatan.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, penulis merumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana membuat suatu sistem kendali dan monitoring otomatis yang dapat:

1. Memonitoring kerja *air conditioning* sehubungan dengan penyaring udaranya apakah masih bersih atau telah kotor sehingga perlu dilakukan perawatan.
2. Memonitoring pemakaian energi listrik *air conditioning* dan besarnya rupiah yang harus di bayar pada settingan suhu 24°C sampai dengan 27°C.
3. Membatasi settingan suhu *air conditioning* pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C.
4. Menonaktifkan kerja *air conditioning* dan mengaktifkan *alarm* pada saat terindikasi perlu dilakukan perawatan.

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat suatu sistem kendali dan monitoring otomatis yang dapat:

1. Memonitoring kerja *air conditioning* sehubungan dengan penyaring udaranya apakah masih bersih atau telah kotor sehingga perlu dilakukan perawatan.
2. Memonitoring pemakaian energi listrik *air conditioning* dan besarnya rupiah yang harus di bayar pada settingan suhu 24°C sampai dengan 27°C.
3. Membatasi settingan suhu *air conditioning* pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C.

4. Menonaktifkan kerja *air conditioning* dan mengaktifkan *alarm* pada saat terindikasi perlu dilakukan perawatan.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk hal-hal sebagai berikut:

1. Bagi pemakai, memudahkan pemakai dalam mengontrol penggunaan energi listrik yang efisien pada AC sehingga bisa diperoleh penghematan energi listrik.
2. Bagi perkembangan IPTEK, sebagai bahan masukan khususnya dalam Informatika dan disiplin ilmu kendali dalam hal bidang perancangan *smart device*.
3. Bagi Penulis, sebagai bahan pembelajaran dalam bidang perancangan sistem khususnya dalam proses pengontrolan kerja AC .

#### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

Teori-teori yang digunakan oleh penulis dalam pengembangan aplikasi adalah teori-teori yang berhubungan dengan pengembangan *Teknik Akuisisi Data Untuk Sistem Kendali Dan Monitoring Kerja Air Conditioning Pada Rumah Cerdas Energi* berbasis mikrokontroler.

## F. Cakupan Dan Batasan Masalah

Berikut ini merupakan cakupan dan pembatasan masalah yang terdapat pada *Teknik Akuisisi Data Untuk Sistem Kendali Dan Monitoring Kerja Air Conditioning Pada Rumah Cerdas Energi*.

### 1. Cakupan

Adapun cakupan pada penulisan ini yaitu:

- a. Dapat menampilkan informasi sehubungan dengan kondisi dari *air conditioning* apakah masih berada dalam keadaan baik atau perlu dilakukan perawatan.
- b. Dapat meng-*off*-kan kerja *air conditioning* pada saat terdeteksi bahwa perlu dilakukan proses perawatan, serta dapat mengatur settingan suhu berada pada kisaran suhu 24°C sampai dengan 27°C.
- c. Dapat menampilkan informasi pemakaian AC dalam rupiah.
- d. Peralatan kendali menggunakan mikrokontroler *ATmega8535* dengan bahasa C sebagai bahasa pemrograman.

### 2. Batasan Masalah

Untuk lebih fokusnya pelaksanaan penelitian ini, maka permasalahan yang hendak diteliti hanya dibatasi pada:

- a. Mengacu pada peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian energi listrik khususnya pada Pasal 4 Ayat 2a poin 6, maka settingan suhu air conditioning pada penelitian ini berkisar antara 24°C hingga 27°C.

- b. Proses penampilan informasi sehubungan dengan kondisi dari peralatan *air conditioning* yaitu melalui tampilan *LCD*. Informasi yang ditampilkan yaitu informasi mengenai keadaannya apakah perlu dirawat atau tidak serta informasi pemakaian energi listrik *AC* dalam *Watt hours* dan dalam rupiah.
- c. Dapat memberikan informasi kepada pemakai *air conditioning* lewat indikator LED dan *buzzer* yang difungsikan sebagai *alarm*.
- d. Meng-off-kan kerja *air conditioning* pada saat terindikasi bahwa perlu dilakukan perawatan.
- e. Dapat mengatur settingan suhu *air conditioning* pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C.

## **G. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam tesis ini adalah sebagai berikut :

- BAB I Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, cakupan dan batasan masalah dan sistematika penulisan.
- BAB II Dijelaskan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pembuatan tesis ini. Adapun teori tersebut mencakup: akuisisi data, sistem informasi, mikrokontroler, pemograman AVR, LCD, LED, *buzzer*, sensor arus, *remote control* dan *driver relay*.

- BAB III Menjelaskan mengenai tahap–tahap perancangan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak pengendali yang digunakan serta parameter pendukung sistem rancangan.
- BAB IV Bab ini membahas mengenai pengujian alat yang dilakukan dengan menganalisa alur kerja sistem rancangan.
- BAB V Berisi tentang kesimpulan dari pembahasan bab–bab sebelumnya serta saran–saran yang diharapkan dapat memberikan pengembangan dan penyempurnaan tesis ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan energi listrik di perkantoran dan rumah tinggal haruslah dilakukan seoptimal mungkin agar supaya tidak terjadi pemborosan energi listrik. Pemborosan energi listrik acap kali diakibatkan dari pengoperasian peralatan listrik secara berlebihan dan tak terkontrol.

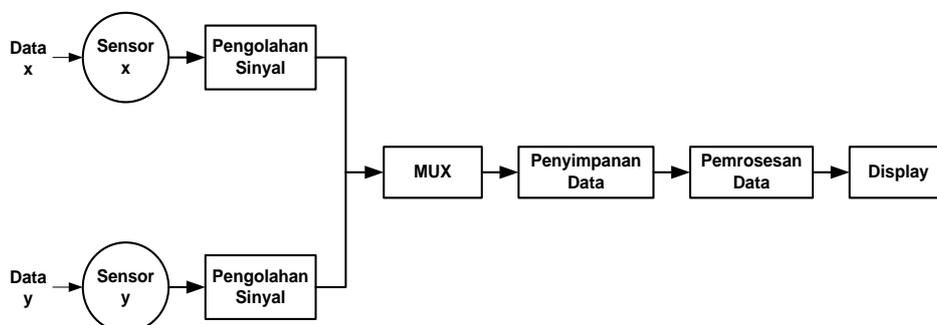
Penggunaan *air conditioning* sebagai media untuk menyejukan ruangan telah menjadi salah satu kebutuhan baik di perkantoran maupun di rumah-rumah tinggal. Konsumsi energi listrik dari *air conditioning* tersebut perlu diperhatikan agar supaya tidak terjadi pemborosan energi listrik.

Salah satu penyebab pemborosan energi listrik yang diakibatkan penggunaan *air conditioning* adalah pada saat penyaring udaranya telah kotor, di mana pada saat penyaring udaranya telah kotor, maka asupan arus listriknya akan bertambah. Untuk mengatasi hal tersebut, maka pada *air conditioning* tersebut perlu ditambahkan suatu sistem yang dapat mengontrol kerja dari *air conditioning*, serta dapat memberikan informasi sehubungan dengan proses perawatan dari *air conditioning* tersebut.

## A. Akuisisi Data

*Sistem* akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Jenis serta metode yang dipilih pada umumnya bertujuan untuk menyederhanakan setiap langkah yang dilaksanakan pada keseluruhan proses.

Suatu sistem akuisisi data pada umumnya dibentuk sedemikian rupa sehingga sistem tersebut berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyimpan data dalam bentuk data yang telah siap untuk diproses lebih lanjut. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem akuisisi data.



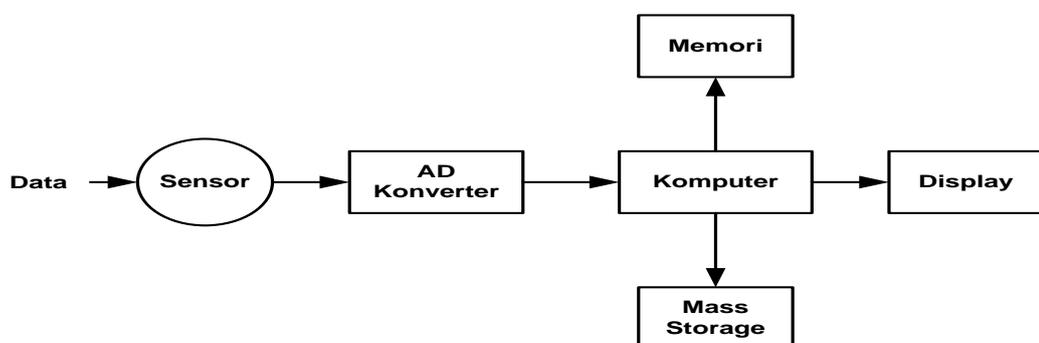
**Gambar 1.** Blok diagram sistem akuisisi data

Keterangan Gambar 1 :

1. Bagian sensor x dan sensor y berfungsi untuk membaca data input baik data analog maupun data digital.
2. Bagian pengolahan sinyal berfungsi untuk mengolah sinyal yang dihasilkan oleh sensor.

3. Hasil pengolahan sinyal tersebut masuk ke bagian MUX yang berfungsi sebagai saklar untuk memilih sinyal mana yang akan di ambil.
4. Bagian penyimpanan data berfungsi untuk menyimpan data dari sensor x dan sensor y.
5. Bagian pemrosesan data berfungsi sebagai tempat pemrosesan data yang telah tersimpan sebelumnya pada bagian penyimpanan data, di mana data yang akan diolah adalah data sensor x dan sensor y.
6. Bagian *display* merupakan bagian yang berfungsi untuk menampilkan data atau informasi sehubungan dengan data sensor.

Sistem akuisisi data berkembang pesat sejalan dengan kemajuan dibidang teknologi digital dan komputer. Kini, akuisisi data menkonversikan besaran fisis data source ke bentuk sinyal digital dan diolah oleh suatu komputer. Pengolahan dan pengontrolan proses oleh komputer memungkinkan penerapan akuisisi data dengan software. Software memberikan harapan proses akuisisi data bisa divariasikan dengan mudah sesuai kebutuhan . Gambar 2 menunjukkan proses akuisisi data menggunakan komputer (Rahmat S, 1999).



**Gambar 2.** Proses akuisisi data menggunakan komputer.

Keterangan Gambar 2 :

1. Bagian sensor berfungsi untuk membaca data input analog.
2. Bagian AD konverter berfungsi untuk mengkonversi data analog yang dihasilkan oleh sensor ke bentuk data digital.
3. Bagian komputer berfungsi sebagai tempat pemrosesan data, di mana data yang akan diproses adalah data yang telah dikonversi oleh bagian AD konverter.
4. Bagian *mass storage* merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan program aplikasi untuk mengoperasikan kerja komputer.
5. Bagian memori berfungsi sebagai tempat penyimpanan data yang telah diproses oleh komputer, di mana datanya berhubungan dengan data sensor.
6. Bagian *display* merupakan bagian yang berfungsi untuk menampilkan data atau informasi sehubungan dengan data sensor.

Pada tesis ini teknik akuisisi data dilakukan terhadap pembacaan data sensor arus melalui rangkaian *ADC* yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler *ATmega8535* melalui rangkaian sensor arus.

## **B. Sistem Informasi**

Sistem Informasi (SI) dapat didefinisikan sebagai kumpulan elemen yang saling berhubungan satu sama lain yang membentuk satu kesatuan untuk mengintegrasikan data, memproses dan menyimpan serta mendistribusikan informasi. Dengan kata lain SI merupakan kesatuan

elemen-elemen yang saling berinteraksi secara sistematis dan teratur untuk menciptakan dan membentuk aliran informasi yang akan mendukung pembuatan keputusan dan melakukan kontrol terhadap jalannya informasi (Oetomo, 2006).

Sistem informasi yang dimaksudkan pada penelitian ini adalah berupa pemberitahuan atau pengumuman melalui informasi tulisan melalui tampilan *LCD*, Informasi nyala *LED* secara blink dan informasi melalui *buzzer* yang dilengkapi dengan alat pengontrol yang sudah terprogram.

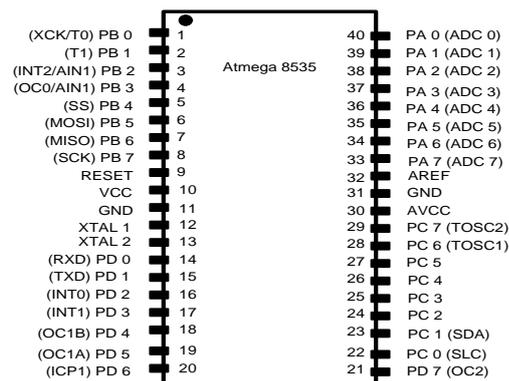
### **C. Mikrokontroler AVR ATmega 8535**

Mikrokontroler adalah pusat kerja dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. Adapun nilai plus bagi mikrokontroler adalah terdapatnya memori dan port *input/output* dalam suatu kemasan *IC* yang kompak. Kemampuannya yang programmable, fitur yang lengkap seperti *ADC internal*, *EEPROM internal*, *port I/O*.

Mikrokontroler *AVR* memiliki arsitektur *RISC* 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode *16-bit (16-bits word)* dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock, berbeda dengan instruksi *MCS51* yang membutuhkan 12 siklus *clock*. Hal ini terjadi karena perbedaan arsitektur yang dipakai. *AVR* menggunakan arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computing)* sedangkan *MCS51* menggunakan arsitektur *CISC (Complex Instruction Set Computing)* (Didik Wiyono 2007).

Untuk itu pada tesis ini penulis menggunakan mikrokontroler AVR *ATmega8535* karena pada mikrokontroler ini telah terintegrasi rangkaian *ADC* pada *port A* yang nantinya digunakan untuk membaca data sensor arus. Selain itu kontroler ini juga menyediakan sebuah *port*, yaitu *port C* yang dapat dihubungkan langsung ke *LCD* yang berfungsi untuk menampilkan informasi. Untuk komunikasi dengan rangkaian *I/O*, *port* yang dapat digunakan yaitu *port B* dan *port D*.

Konfigurasi *pin* yang ada pada *ATMega8535* dapat dilihat pada Gambar 3.



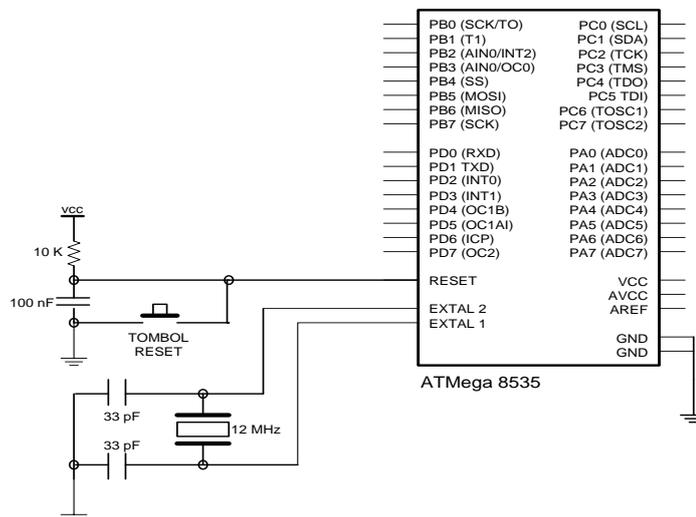
**Gambar 3.** Konfigurasi pin *ATMega8535*.

Dari Gambar diatas dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin *ATMega8535*, sebagai berikut:

1. *VCC* merupakan *pin* yang berfungsi sebagai *pin* masukan catu daya.
2. *GND* merupakan *Pin Ground*.
3. *Port A (PA0...PA7)* merupakan *pin I/O* dan *pin* masukan *ADC*. Setiap pinnya menyediakan internal *pull up* resistor yang dapat diatur per *bit*. Outputnya dapat menyalakan *LED* secara langsung.

4. *Port B (PB0...PB7)* merupakan *pin I/O* dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*, komparator *Analog* dan *SPI*.
5. *Port C (PC0...PC7)* merupakan *port I/O* dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator *analog* dan *Timer Oscillator*.
6. *Port D (PD0...PD7)* merupakan *port I/O* dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *interrupt* eksternal serta komunikasi serial.
7. *RESET* merupakan *pin* yang digunakan untuk mereset mikrokontroler.
8. *XTAL1* dan *XTAL2* merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
9. *AVCC* merupakan *pin* masukan untuk tegangan *ADC*.
10. *AREF* merupakan pin masukan tegangan referensi untuk *ADC*.

Adapun Skematik sistem minimum dari *AVR ATmega 8535* versi *DIP (Dual Inline Package) 40 pin* disajikan pada Gambar 4 (Lingga. 2006)



**Gambar 4.** Skematik sistem minimum *ATmega 8535*.

Berdasarkan skematik dari *ATmega 8535* tersebut, maka dimanfaatkan *port - port* yang ada seperti :

### 1. Port A

- a. Port A0, dimanfaatkan sebagai input ADC.

### 2. Port B

- a. Port B0, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan *supply* listrik ke AC.
- b. Port B1, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan tombol *on - off* pada *remote control*.
- c. Port B2, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan alarm.
- d. Port B3, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan *supply* listrik ke *remote control*.
- e. Port B4, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan tombol suhu naik.
- f. Port B5, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan tombol suhu turun.
- g. Port B6, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan tombol suhu naik pada *remote control*.
- h. Port B7, dimanfaatkan sebagai *output* untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan tombol suhu turun pada *remote control*.

### 3. Port C

Port C dimanfaatkan sebagai *output* ke LCD sebagai tampilan, di mana :

- a. Port C0, dihubungkan ke jalur *RS (command atau data)* pada LCD.
- b. Port C1, dihubungkan ke jalur *RW (read atau write)* pada LCD.
- c. Port C2, dihubungkan ke jalur *E (enable)* pada LCD.

- d. *Port C4*, dihubungkan ke jalur *D4 (display data)* pada *LCD*.
- e. *Port C5*, dihubungkan ke jalur *D5 (display data)* pada *LCD*.
- f. *Port C6*, dihubungkan ke jalur *D6 (display data)* pada *LCD*.
- g. *Port C7*, dihubungkan ke jalur *D7 (display data)* pada *LCD*.

#### 4. *Port D*

- a. *Port D0*, dimanfaatkan sebagai *Input* dari tombol *reset*.
- b. *Port D1*, dimanfaatkan sebagai *input* dari tombol *on* atau *off AC*.
- c. *Port D2*, dimanfaatkan sebagai tombol *input* untuk pengaturan suhu naik.
- d. *Port D3*, difungsikan sebagai *input* untuk pengaturan suhu turun.

### **D. Pemograman Atmel AVR**

*Code vision AVR* merupakan sebuah *cross-compiler C, Integrated Development Environment (IDE)*, dan *Automatic Program Generator* yang didesain untuk mikrokontroler buatan *Atmel* seri *AVR*. *Code vision AVR* dapat dijalankan pada sistem operasi *Windows 95, 98, Me, NT4, 2000*, dan *XP*.

*Cross - compiler C* mampu menerjemahkan hampir semua perintah dari bahasa *ANSI C*, sejauh yang diijinkan oleh arsitektur dari *AVR*, dengan tambahan beberapa fitur untuk mengambil kelebihan khusus dari arsitektur *AVR* dan kebutuhan pada sistem *embedded*.

*File object COFF* hasil kompilasi dapat digunakan untuk keperluan *debugging* pada tingkatan *C*, dengan pengamatan *variabel*, menggunakan *debugger Atmel AVR Studio*.

*IDE* mempunyai fasilitas internal berupa *software AVR Chip In-System Programmer* yang memungkinkan untuk melakukan transfer program kedalam *chip* mikrokontroler setelah sukses melakukan kompilasi secara otomatis. *Software In-System Programmer* didesain untuk bekerja dengan Atmel *STK500/AVRISP/AVRProg*, Kanda Systems *STK200+/300*, Dontronics *DT006*, Vogel Elektronik *VTEC-ISP*, Futurlec *JRAVR* dan *MicroTronics ATCPU/Mega2000 programmers/development boards*.

Untuk keperluan *debugging* sistem *embedded*, yang menggunakan komunikasi serial, *IDE* mempunyai fasilitas *internal* berupa sebuah Terminal. Selain *library* standar *C*, *code vision AVR* juga mempunyai *library* tertentu untuk:

1. Modul *LCD alphanumeric*.
2. *Bus I2C* dari *Philips*
3. Sensor Suhu *LM75* dari *National Semiconductor*.
4. *Real-Time Clock: PCF8563, PCF8583* dari *Philips*, *DS1302* dan *DS1307* dari *Maxim/Dallas Semiconductor*.
5. Protokol *1-Wire* dari *Maxim/Dallas Semiconductor*.
6. Sensor Suhu *DS1820, DS18S20, dan DS18B20* dari *Maxim/Dallas Semiconductor*.
7. Termometer/Termostat *DS1621* dari *Maxim/Dallas Semiconductor*
8. *EEPROM DS2430 dan DS2433* dari *Maxim/Dallas Semiconductor SPI*
9. *Power Management*
10. *Delay*

## 11. Konversi ke Kode Gray

*Code vision AVR* juga mempunyai *Automatic Program Generator* bernama *Code Wizard AVR*, yang diijinkan untuk dapat menulis, dalam hitungan menit, semua instruksi yang diperlukan untuk membuat fungsi-fungsi berikut (*CodeVisionAVR V1.25.7, 2007*):

1. *Set-up* akses memori eksternal.
2. Identifikasi sumber *reset* untuk *chip*.
3. Inisialisasi *port input/output*.
4. Inisialisasi interupsi eksternal.
5. Inisialisasi *Timer/Counter*.
6. Inisialisasi *Watchdog-Timer*.
7. Inisialisasi *UART (USART)* dan komunikasi serial berbasis *buffer* yang digerakkan oleh interupsi.
8. Inisialisasi Pembanding *Analog*.
9. Inisialisasi *ADC*.
10. Inisialisasi Antarmuka *SPI*.
11. Inisialisasi Antarmuka *Two-Wire*.
12. Inisialisasi Antarmuka *CAN*.
13. Inisialisasi *Bus I2C*, Sensor Suhu *LM75, Thermometer/Thermostat DS1621* dan *Real-Time Clock PCF8563, PCF8583, DS1302, dan DS1307*.
14. Inisialisasi *Bus 1-Wire* dan Sensor Suhu *DS1820, DS18S20*.
15. Inisialisasi modul *LCD*.

Pada tesis ini penulis menggunakan *Code vision AVR* sebagai *software* di dalam pembuatan program. Alasan penggunaannya dikarenakan *software* ini merupakan *software* aplikasi yang dibuat khusus untuk mikrokontroler buatan *Atmel* seri *AVR*, sehingga lebih memudahkan penulis di dalam pembuatan program.

### ***E. LCD (Liquid Crystal Display)***

*LCD* yang digunakan adalah jenis *LCD M1632*, yang merupakan modul *LCD* dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan desain mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan *LCD*. Mikrokontroler *HD44780* buatan *Hitachi* yang berfungsi sebagai pengendali *LCD* memiliki *CGROM*, *CGRAM*, dan *DDRAM*. Berikut bagian-bagian dari *LCD M1632*.

1. *DDRAM (Display data Random Access Memory)* merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh untuk karakter 'L' atau *4CH* yang ditulis pada alamat *00*, karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari *LCD*. Apabila karakter tersebut ditulis pada alamat *40*, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari *LCD*.
2. *CDRAM (Character Generator Random Access Memory)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun, memori akan hilang saat *power supply* tidak aktif sehingga pola karakter akan hilang.

3. *CGROM* (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana pola tersebut sudah ditentukan secara *permanent* dari *HD44780* sehingga pengguna tidak dapat mengubahnya lagi. Namun, oleh karena *ROM* bersifat *permanent*, pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif ([www.lcd-module.de](http://www.lcd-module.de)).

Untuk keperluan antarmuka suatu komponen elektronik dengan mikrokontroler, perlu diketahui fungsi dari setiap kaki pada *LCD*. Pada Gambar 5 memperlihatkan modul *LCD* karakter 2x16.



**Gambar 5.** Modul *LCD* karakter 2x16.

Dari Gambar 5 diatas dapat dijelaskan fungsi dari setiap kaki pada *LCD*, sebagai berikut :

1. Kaki 1 (*VCC*)

Kaki ini dihubungkan dengan tegangan +5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya dari *HD44780*

2. Kaki 2 (*GND*)

Kaki ini dihubungkan dengan tegangan 0 volt (*ground*) dan modul *LCD*

3. Kaki 3 (*VEE/VLCD*)

Tegangan pengatur kontras *LCD*, kaki ini terhubung pada *V5*

4. Kaki 4 (*RS*)

*Register Select*, kaki pemilih *register* yang akan diakses. Untuk akses ke *register* data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke *register* perintah, logika dari kaki ini adalah 0.

5. Kaki 5 (*R/W*)

Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul *LCD* sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul *LCD* sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul *LCD*, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *ground*.

6. Kaki 6 (*E*)

*Enable Clock LCD*, kaki ini mengaktifkan clock *LCD*. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.

7. Kaki 7-14 (*D0-D7*)

Data *bus*, kedelapan kaki modul *LCD* ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 *bit* atau 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.

8. Kaki 15 (*Anoda*)

Berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* modul *LCD* sekitar 4,5 Volt.

9. Kaki 16 (*Katoda*)

Tegangan negatif *backlight* modul *LCD* sebesar 0 Volt.

Pemanfaatan *LCD* pada tesis ini yaitu sebagai media untuk menampilkan informasi. Informasi yang ditampilkan berupa kondisi air conditioning apakah masih berada pada keadaan normal ataukah harus dirawat. Disamping itu pula *LCD* akan menampilkan informasi sehubungan dengan konsumsi energi listrik terhadap penggunaan *AC*.

#### F. *Light Emitting Diode (LED)*

*LED* merupakan sejenis dioda semikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, *LED* terdiri dari sebuah *chip* bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-*dop*, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut *p-n junction*. Pembawa muatan *elektron* dan *Hole* (lubang) mengalir ke *junction* dari *elektrode* dengan tegangan berbeda. Ketika *elektron* bertemu dengan lubang, dia jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah dan melepas energi dalam bentuk *photon* (Tooley, Mike. 2002). Gambar 6 memperlihatkan bentuk fisik komponen *LED*.



**Gambar 6.** Bentuk fisik komponen *LED*.

Warna (emisi cahaya) *LED*, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk *p-n junction*. Warna *LED* yang biasa dijumpai adalah merah, hijau dan kuning. (Tooley, Mike. 2002).

Tak seperti lampu pijar dan *neon*, *LED* mempunyai kecenderungan polarisasi. *Chip LED* mempunyai kutub positif dan negatif (*p-n*) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan *LED* terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya akan mengisinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. Bila *LED* diberikan arus terbalik, hanya akan ada sedikit arus yang melewati *chip LED*. Ini menyebabkan chip *LED* tidak akan mengeluarkan emisi cahaya.

Pada pembuatan tesis ini penulis memanfaatkan *LED* sebagai indikator alarm. Adapun fungsi dari alarm yaitu memberikan informasi kepada pengguna bahwa *air conditioning* perlu dirawat.

### **G. Buzzer**

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik

sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (*alarm*) (Tooley, Mike. 2002). Gambar 7 memperlihatkan sebuah *buzzer*.



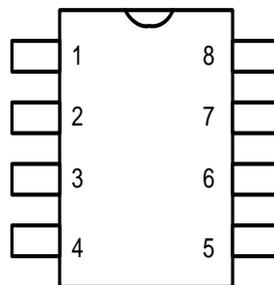
**Gambar 7.** *Buzzer*.

Pada pembuatan tesis ini, *buzzer* dimanfaatkan sebagai alarm. *Buzzer* akan berbunyi jika *air conditioning* terindikasi perlu dilakukan perawatan.

## **H. Sensor Arus**

Sensor arus dari keluarga ACS712 adalah solusi untuk pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear Hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan

sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan *Bi CMOS Hall IC* yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik, di mana titik tengah output sensor sebesar ( $>VCC/2$ ) saat peningkatan arus pada penghantar arus yang digunakan untuk pendeteksian. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar  $1,5\ m\Omega$  dengan daya yang rendah. Ketebalan penghantar arus didalam sensor sebesar 3x kondisi *overcurrent*. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik (data *book ACS712*). Bentuk fisik IC sensor arus ACS712 dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



**Gambar 8.** IC sensor arus ACS 712.

Konfigurasi kaki dari IC sensor arus ACS 712 :

1. Kaki nomor 1 dan 2 merupakan terminal masukan arus IP+.
2. Kaki nomor 3 dan 4 merupakan terminal masukan arus IP-.
3. Kaki nomor 5 merupakan terminal untuk *groud*.
4. Kaki nomor 6 merupakan terminal filter yang berfungsi sebagai pengaturan *bandwidth*.

5. Kaki nomor 7 merupakan terminal keluaran sinyal analog dari sensor.
6. Kaki nomor 8 merupakan terminal catu daya untuk *IC*.

Adapun spesifikasi dari sensor arus *ACS 712* adalah sebagai berikut :

1. Berbasis *ACS712* dengan fitur:
  - a. *Rise time* output = 5  $\mu$ s.
  - b. *Bandwidth* sampai dengan 80 kHz.
  - c. Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja  $TA = 25^{\circ}\text{C}$ .
  - d. Tahanan konduktor internal 1,2  $m\Omega$ .
  - e. Tegangan isolasi minimum 2,1 kV *RMS* antara *pin* 1-4 dan *pin* 5-8.
  - f. Sensitivitas output 185 mV/A.
  - g. Mampu mengukur arus *AC* atau *DC* hingga 5 *Ampere*.
  - h. Tegangan *output* proporsional terhadap *input* arus *AC* atau *DC*.
2. Tegangan kerja 5 *Vdc*.

Untuk menentukan besarnya tegangan pada kaki output yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$V_{Output} = 2.5 \pm ( 0.185 \times I ) \quad (1)$$

Di mana *I* adalah arus yang terdeteksi dalam satuan *ampere* (data book *ACS712*).

Pada pembuatan tesis ini sensor arus *ACS712* digunakan untuk membaca data arus *air conditioning*. Keluaran dari sensor arus yang berbentuk sinyal analog tersebut akan dikonversi ke bentuk sinyal digital oleh rangkaian *ADC* yang berada pada mikrokontroler.

## I. *Remote Control*

Cara kerja kerja *remote control* mirip dengan cara kerja sandi morse yang dikirim melalui mesin telegraf. Seorang operator pengirim mengirimkan pesan teks singkat kepada operator penerima yang berada pada jarak tertentu. Namun pesan tersebut dikirimkan dalam bentuk pola kode-kode morse yang melambangkan huruf - huruf dalam pesan yang dikirimkannya. Mesin telegraf menggunakan kode tertentu karena tidak dapat mengirimkan data suara seperti pesawat telepon. Tetapi telegraf dapat mengirimkan arus listrik yang terhubung ke sebuah bel pada bagian penerima, sehingga operator penerima akan menerima suara dari bel dalam pola-pola tertentu yang apabila dirangkai akan dapat diterjemahkan sebagai pesan singkat.

*Remote control* menggunakan *LED (light emitting diode)* infra merah yang berfungsi sebagai pengirim (*transmitter*) pola sinar infra merah. *LED* infra merah adalah sejenis dioda yang akan memancarkan cahaya infra merah apabila diberi arus. Sinyal infra merah yang dikirimkan tidak akan dapat dilihat oleh mata manusia, karena sinar infra merah tidak termasuk gelombang elektromagnetik pada spectrum cahaya tampak. Namun sinar tersebut dapat terbaca oleh receiver yang ada pada peralatan elektronik yang menerima sinyal tersebut. *Receiver* yang digunakan adalah sebuah foto transistor infra merah. Jika pola sinyal infra red yang diterima bersesuaian dengan salah satu instruksi, seperti instruksi menaikkan setingan suhu pada AC, maka setingan suhunya akan

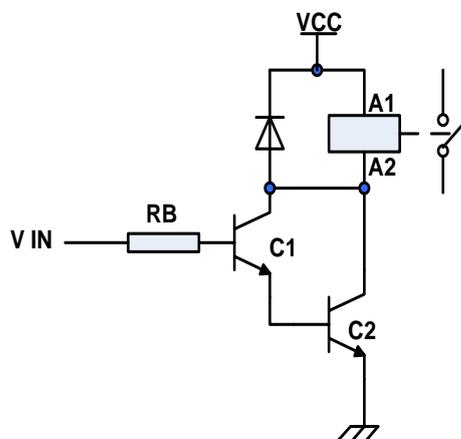
dinaikkan. Jika pola sinar infra merah yang dibaca tidak dapat dikenali maka AC akan mengabaikannya. Hal ini mungkin saja terjadi jika sebuah *remote control* untuk peralatan lain yang berada tidak jauh dari peralatan AC tersebut sedang digunakan. Bentuk kode sinyal tersebut untuk masing-masing tombol tergantung kepada perusahaan produsen peralatan elektronika. Pada dasarnya setiap perusahaan bebas menentukan kode sinyal untuk setiap tombol pada pesawat *remote control* (*nuansa remote.com*).

Pada tesis ini *remote control* digunakan untuk pengaturan kerja *air conditioning*. Pengaturan kerja *air conditioning* melalui remote control meliputi *on/off AC*, pengaturan suhu naik serta pengaturan suhu turun yang dilakukan dengan cara penekanan tombol-tombol pada sistem yang akan dibuat. Tombol-tombol tersebut meliputi tombol *on/off AC*, tombol pengaturan suhu naik dan tombol pengaturan suhu turun.

## **J. Driver Relay**

Penggunaan *relay* sering menjadi pilihan karena *relay* mudah untuk dikontrol, di mana didalam aplikasinya *relay* dapat diberi beban yang besar baik beban AC maupun DC, dan sebagai isolator yang baik antara rangkaian beban dengan rangkaian kendali. Rangkaian *interface relay* dapat dibangun menggunakan konsep transistor sebagai saklar (Tooley, Mike. 2002). Transistor yang digunakan untuk *driver relay* dapat dikonfigurasi dengan transistor darlington. Transistor *bipolar*

merupakan komponen yang bekerja berdasarkan ada atau tidaknya arus pada kaki basis yang berfungsi sebagai pemicu dari transistor tersebut. Pada aplikasi *driver relay* ini transistor berfungsi sebagai saklar, di mana jika tidak ada arus yang mengalir pada kaki basis dari transistor C1, maka transistor berada dalam keadaan *off* sehingga *relay* tidak bekerja. Tetapi jika terdeteksi ada arus yang mengalir pada kaki basis dari transistor C1, maka transistor C1 akan memicu kerja dari transistor C2 sehingga *relay* bekerja. Pada umumnya dalam sebuah rangkaian pengendali *relay* digunakan sebuah dioda yang diparalel dengan coil. Dioda diperlukan, guna menghubungkan singkatkan tegangan induksi yang muncul disaat saklar menuju posisi *off*. Penghubung singkatkan disini bertujuan untuk menghilangkan tegangan induksi yang dihasilkan oleh koil relai ketika arus tiba - tiba jatuh. Hal ini diperlukan karena relai merupakan beban yang bersifat induktif. Sehingga dengan demikian dapat menyelamatkan transistor tersebut. Teknik interface antara *relay* dengan rangkaian digital atau rangkaian mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** *Driver Relay.*

Guna mengaktifkan relai dibutuhkan sinyal Vcc dan ground yang terhubung dengan *coil* pada *relay* tersebut. Untuk mengetahui besarnya arus *relay* dan arus basis yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$I_{Relay} = \frac{V_{cc}}{R_{Relay}} \quad (2)$$

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_b} \quad (3)$$

Di mana :

$I_{Relay}$	=	Arus relay
$V_{CC}$	=	Tegangan masukan
$I_B$	=	Arus basis
$R_{Relay}$	=	Tahanan <i>relay</i>
$V_{BE}$	=	Tegangan <i>base-emitor</i>

Pada tesis ini *driver relay* digunakan sebagai penggerak untuk mengaktifkan dan me-*non*-aktifkan suplai kelistrikan dari *air conditioning*. Disamping itu *driver relay* juga digunakan untuk mengaktifkan tombol-tombol yang berada pada *remote control*. Tombol-tombol tersebut meliputi tombol *on/off*, tombol suhu naik dan tombol suhu turun.

### K. Penelitian Yang Terkait

1. Chiou dkk. (2006) melakukan penelitian dengan menawarkan prosedur penghematan energi pada DX *Air Conditioning system*, dengan metode *periodic downtime*, yaitu dengan mengatur periode operasi sistem dan periode mati sistem dari dua buah AC. Hasil penelitiannya

- menunjukkan bahwa penghematan energi terbaik adalah pada saat menggunakan metode operasi selama 15 menit dan *downtime* 5 menit.
2. Widell dkk (2009) mengadakan pengujian yang difokuskan pada optimalisasi energi dari kompresor dengan menggunakan *slide valve* pada sistem refrigerasi. Pengujian dilakukan pada industri pengolahan ikan di Norwegia. Dimana sistem refrigerasi disana berjalan dengan kapasitas penuh, walaupun dengan beban yang tidak penuh. Dengan menggunakan model *linear programming* untuk meminimalkan konsumsi energi listrik kompresor, maka operasional kompresor akan menjadi optimal sesuai dengan beban yang dibutuhkan.
  3. Zhou dkk. (2006) menghasilkan perbandingan pemakaian energi yang dihasilkan pada *air conditioning system* dengan 3 metode yang berbeda, yaitu sistem *variable refrigerant flow (VRF)*, sistem *variable air volume (VAV)* dan sistem *fan-coil plus fresh air (FPFA)*. Penelitian tersebut dilakukan dengan simulasi menggunakan *software Energi Plus*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa potensi hemat energi dari sistem VRF mencapai 22,2% dan 11,7%, dibandingkan dengan sistem VAV dan FPFA sistem.
  4. Sudirman dan Winaya (2009), melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan poros kompresor terhadap *performance* sistem refrigerasi. Penelitian dilaksanakan dengan merubah frekuensi listrik yang disuplai ke kompresor menggunakan *variabel speed driver (VSD)*. Didapatkan hasil: semakin rendah kecepatan putar poros kompresor, nilai COP

sistem refrigerasi akan naik, demikian juga sebaliknya. Tetapi semakin rendah frekuensi yang digunakan, maka pemakaian energi listriknya akan semakin rendah pula.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Lokasi Penelitian**

1. Waktu pelaksanaan dari penelitian ini yaitu sejak penelitian ini disetujui melalui seminar proposal pada bulan Januari 2013 dan selesai pada bulan Juni 2013.
2. Lokasi Penelitian: Kampus Politeknik Negeri Manado di Manado Sulawesi Utara.

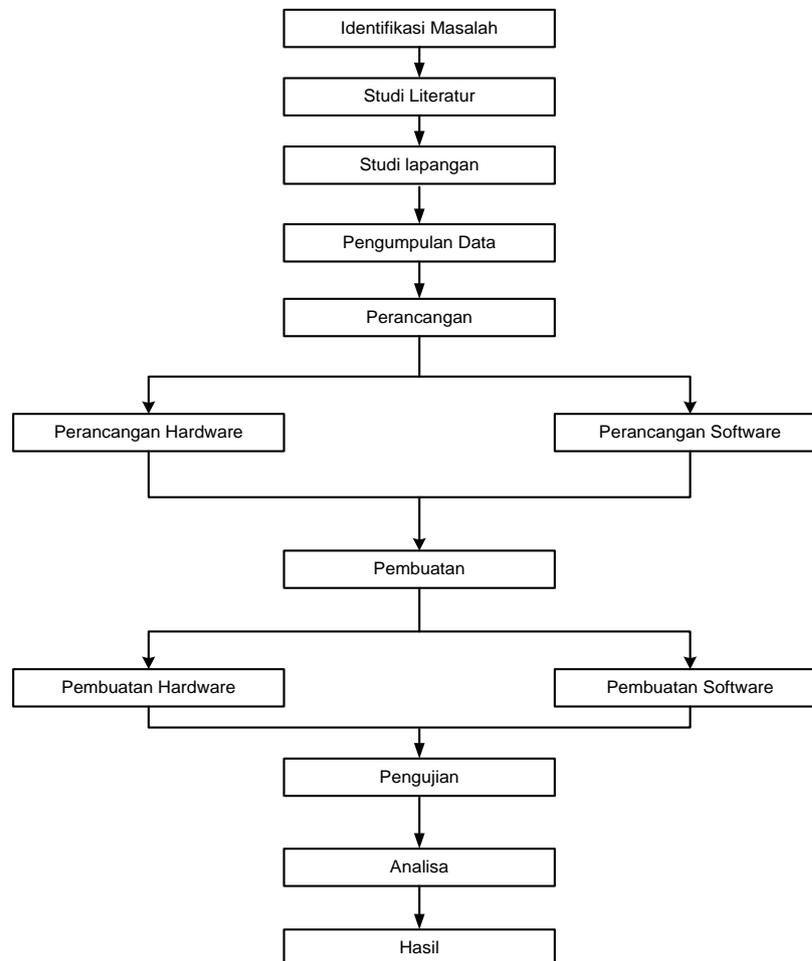
#### **B. Jenis Penelitian**

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Dimana data-data yang diambil merupakan data pengukuran langsung terhadap peralatan yang akan diuji, seperti data arus AC, data ADC kemudian mengolah data-data tersebut untuk keperluan sistem yang akan dibuat.

#### **C. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perancangan dan pembuatan alat (*prototyping*), di mana peralatan yang akan dibuat adalah peralatan kendali dan monitoring untuk mengontrol kerja dari *air conditioning* berkaitan dengan proses perawatan dari *air conditioning* itu sendiri guna menghindari pemborosan pemakaian energi listrik. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian

menggunakan metode *prototyping* seperti di tunjukan pada Gambar 10 tentang blok diagram metodologi penelitian.



**Gambar 10.** Blok diagram metodologi penelitian.

Adapun tahapan tahapannya sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah berhubungan dengan perilaku dari *air conditioning* dalam hal proses perawatannya.

2. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk mencari informasi-informasi sehubungan dengan *air conditioning* dalam hal proses perawatannya.

### 3. Studi Lapangan

Tahap studi lapangan dilakukan terhadap *air conditioning* itu sendiri dengan cara mengamati perilakunya dalam hal asupan arus listriknya

### 4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data, di mana data yang diambil adalah :

- a. Data arus pada saat AC berada dalam keadaan aktif (pada saat AC dihidupkan pertama kali).
- b. Data arus pada saat kompresor dalam keadaan *off* (pada saat suhu telah tercapai).
- c. Data ADC untuk AC dalam keadaan aktif dan kompresor sementara on.
- d. Data ADC untuk kompresor dalam keadaan *off*.

### 5. Perancangan

Terdapat 2 bagian tahap perancangan yaitu :

#### a. Perancangan Perangkat keras

Perancangan perangkat keras bertujuan untuk merancang peralatan/rangkaian pendukung untuk sistem yang akan dibuat meliputi rangkaian *driver* sensor arus, rangkaian *driver relay* untuk suplai kelistrikan dari AC, rangkaian *driver* untuk indikator *LED* dan *buzzer*, rangkaian tombol suhu naik dan suhu turun, rangkaian untuk tombol *reset* dan tombol *on/off* serta rangkaian *driver relay*

untuk suhu naik, suhu turun dan *on/off* yang terintegrasi dengan *remote control*.

b. Perancangan Perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk memudahkan di dalam pembuatan perangkat lunak nanti. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan cara membuat *flow chart*. Pembuatan *Flow chart* bertujuan untuk mendesain perangkat lunak yang akan digunakan dalam sistem kendali dan monitoring.

6. Tahap Pembuatan

Terdapat 2 bagian tahap pembuatan yaitu :

a. Pembuatan Perangkat keras

Pembuatan perangkat keras merupakan proses untuk membuat rangkaian pendukung untuk sistem yang akan dibuat meliputi rangkaian *driver* sensor arus, rangkaian *driver relay* untuk *suplai* kelistrikan dari AC, rangkaian *driver* untuk indikator *LED* dan *buzzer*, rangkaian tombol suhu naik dan suhu turun, rangkaian untuk tombol *reset* dan tombol *on/off* serta rangkaian *driver relay* untuk suhu naik, suhu turun dan *on/off* yang terintegrasi dengan *remote control*.

b. Pembuatan Perangkat lunak

Pembuatan perangkat lunak merupakan proses pembuatan program berkaitan dengan perancangan sistem dan berdasar flow chart sistem kendali dan monitoring bekerja.

## 7. Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk menguji kerja dari keseluruhan sistem. Adapun pengujian dilakukan terhadap perangkat keras, pengujian fungsional perangkat lunak dan pengujian sistem secara keseluruhan.

## 8. Analisa

Tahap analisa dilakukan untuk menganalisa data-data hasil pengujian dari sistem yang dibuat.

## 9. Hasil

Setelah keseluruhan proses yang dilakukan telah sesuai dengan apa yang diharapkan, maka sistem yang dibuat telah selesai dan dapat diaplikasikan pada keadaan yang sesungguhnya.

### **D. Tahapan Penelitian**

Pada penelitian ini digunakan pendekatan metode perancangan dan pembuatan alat (*prototyping*) untuk sistem yang akan dibuat.

Adapun tahapan yang diambil penulis dalam penelitian ini adalah:

#### 1. Pemilihan topik

Langkah pertama yang harus diambil untuk memulai suatu penelitian adalah dengan menentukan atau memilih topik penelitian. Adapun topik yang dipilih yaitu teknik akuisisi data untuk pengendalian dan monitoring kerja *air conditioning* pada rumah cerdas energi.

## 2. Pemfokusan Pertanyaan Penelitian

Fokus pertanyaan adalah bagaimana pengguna air conditioning mengetahui bahwa peralatan tersebut perlu dilakukan perawatan.

## 3. Desain Penelitian.

Desain penelitian melingkupi berbagai informasi penting tentang rencana penelitian teknik akuisisi data untuk pengendalian dan monitoring kerja *Air conditioning* pada rumah cerdas energi .

## 4. Pengumpulan Data

Merupakan proses pengumpulan berbagai data dan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Proses pengumpulan data ini dilakukan mengacu pada prosedur penggalian data yang telah dirumuskan dalam desain penelitian.

## 5. Analisa Data

Data dan informasi yang diperoleh dari proses pengumpulan data selanjutnya dianalisa menggunakan prosedur yang tepat sesuai jenis data dan rancangan yang telah dirumuskan dalam desain penelitian.

## 6. Interpretasi Data

Hasil analisa data kemudian diinterpretasikan sehingga data-data tersebut memberikan informasi yang bermanfaat bagi peneliti. Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif bertujuan untuk mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori dan hipotesis yang dikaitkan dengan sistem yang dibuat.

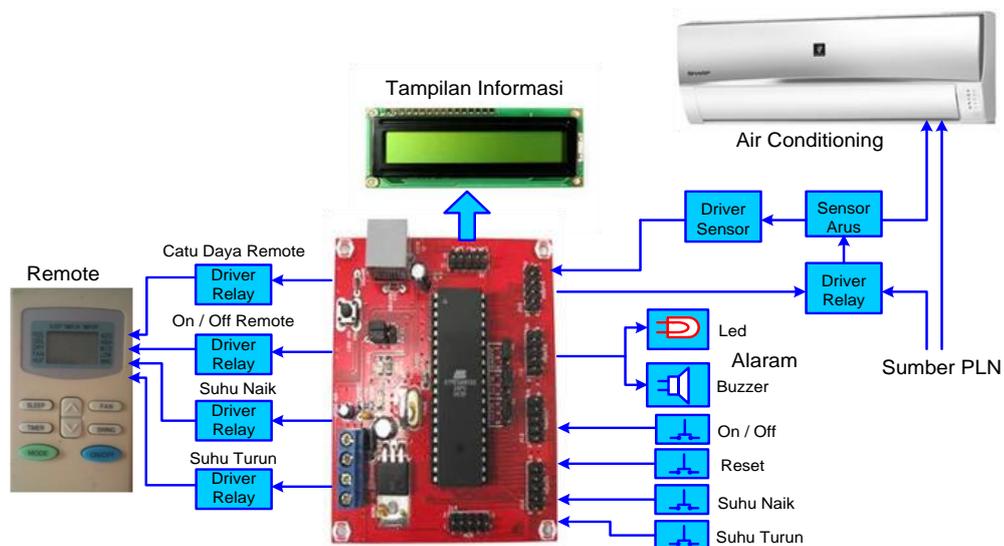
## 7. Diseminasi

Hasil penelitian, selanjutnya diseminarkan di depan penguji guna mendapatkan nilai kelulusan.

### E. Perancangan Sistem

Aplikasi pengontrolan yang dikembangkan dalam penulisan ini adalah pengontrolan dan monitoring kerja *air conditioning*, di mana pengontrolan yang dilakukan berdasarkan perilaku AC dalam hal asupan energi listrik. Hal yang mesti dipelajari yaitu perilaku AC dalam hal mengkonsumsi arus listrik pada saat berada dalam keadaan *stand by* (pada saat AC aktif dan settingan suhunya telah tercapai sehingga kompresor dalam keadaan *off*) dan berapa besar arus listriknya pada saat sedang bekerja untuk mencapai settingan suhu yang ditentukan. Apabila arus listrik yang dikonsumsi kompresor naik sebesar 3 % melebihi data konsumsi arus listriknya, maka sistem akan memberikan peringatan kepada user berupa informasi “Perhatian!! AC Harus Di Rawat” yang ditampilkan di *LCD* serta menghidupkan *LED* secara *blink*, *buzzer* berbunyi dan AC akan dinonaktifkan secara otomatis, sehingga user dapat segera melakukan proses perawatan terhadap *air conditioning* tersebut. Jika arus yang dikonsumsi oleh AC sama dengan nilai arus dalam keadaan normal, maka informasi pada tampilan *LCD* adalah “ AC Dalam Keadaan Baik”. Pengaturan suhu AC dilakukan melalui tombol suhu naik dan tombol suhu turun di mana rentang suhunya dari 24°C

sampai dengan 27°C. Perancangan sistem mengacu pada perumusan masalah yang akan menjadi pembahasan dalam penelitian. Dalam perancangan sistem ini terdapat 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras serta perancangan perangkat lunak. Gambar 11 memperlihatkan blok diagram sistem.



**Gambar 11.** Blok diagram sistem.

## 1. Perancangan Perangkat Keras

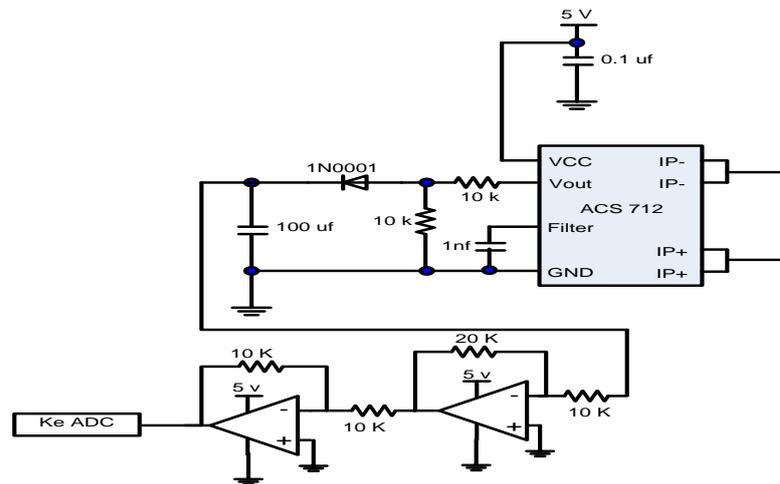
Perancangan perangkat keras meliputi *driver* sensor arus, *driver relay* untuk suplai listrik ke AC, *driver* rangkaian alarm dan *driver* untuk pengaturan settingan suhu AC.

Adapun perancangan perangkat keras yang akan dibuat adalah :

### a. *Driver* Sensor Arus

*Driver* sensor arus merupakan rangkaian perantara antara sensor arus dengan rangkaian ADC yang berada pada angkaian pengontrol

(mikrokontroler *ATmega 8535*), di mana dalam hal ini sensor arus yang digunakan adalah *ACS712*. Adapun rangkaian *driver* sensor arus dapat dilihat pada Gambar 12.



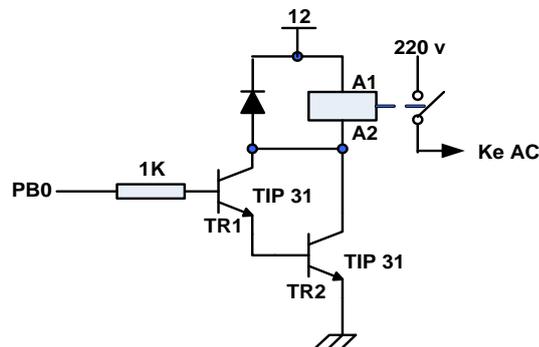
**Gambar 12.** *Driver* sensor arus.

Adapun prinsip kerja dari rangkaian *driver* sensor arus adalah sebagai berikut : Sensor arus akan mendeteksi seberapa besar arus yang dikonsumsi oleh *air conditioning*. Jika tidak ada arus yang terdeteksi oleh sensor, maka tegangan output dari sensor arus ini sebesar 2.49 Volt. Jika ada arus yang terdeteksi oleh sensor maka tegangan outputnya sebesar  $2.49 \pm (0.185 \times I)$ . Output dari rangkaian sensor arus akan melewati rangkaian pembagi tegangan, di mana tegangan setelah melewati rangkaian ini akan menjadi setengah dari tegangan input. Karena output dari sensor arus merupakan tegangan bolak balik (*ac*), maka perlu disearahkan melalui rangkaian penyearah yang terdiri dari *diode* dan *capacitor*. Selanjutnya tegangan yang telah disearahkan tersebut masuk ke rangkaian penguat dan dikuatkan sebesar 2 kali dari tegangan *input*.

Keluaran dari rangkaian penguat kemudian masuk ke rangkaian *ADC* yang berada pada mikrokontroler.

### b. *Driver relay* Suplai Listrik Pada AC

*Driver relay* merupakan sebuah rangkaian yang berfungsi untuk mengaktifkan suplai listrik ke AC pada saat sistem dihidupkan serta menonaktifkan kerjanya pada saat AC terdeteksi perlu dilakukan perawatan. *Driver relay* dibangun dari dua buah Transistor yang terhubung secara *darlington* yang berfungsi untuk menggerakkan *relay*. Gambar 13 memperlihatkan rangkaian *driver relay* untuk suplai kelistrikan AC.



**Gambar 13.** *Driver relay* suplai kelistrikan AC.

Prinsip kerja rangkaian driver diatas yaitu:

1. Pada saat mendapat tegangan positif sebesar 5 Volt dari output mikrokontroler (PD2), maka transistor TR1 dan TR2 akan diaktifkan. Yang menyebabkan aktifnya TR1 dan TR2 adalah arus yang mengalir melalui resistor ke terminal basis TR1. Besarnya arus yang mengalir ke terminal basis transistor adalah:

$$I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B}$$

Dimana:

$I_B$  = Arus basis

$V_{in}$  = Tegangan input

$V_{BE}$  = Tegangan basis-emitor (0,6 Volt untuk transistor *silicon*)

$R_B$  = Tahanan basis

Maka:

$$\begin{aligned} V_{BE} &= V_{BE} \text{ TR1} + V_{BE} \text{ TR2} \\ &= 0,6 + 0,6 \\ &= 1,8 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

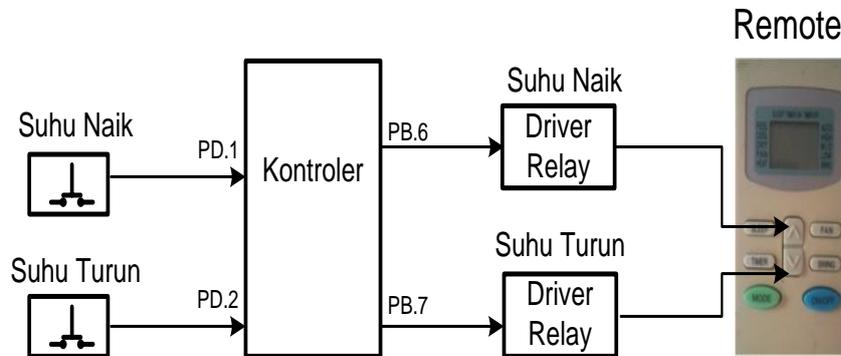
$$\begin{aligned} I_B &= \frac{5 - 1,8}{1000} \\ &= 0,0032 \text{ Ampere.} \end{aligned}$$

2. Setelah TR1 dan TR2 aktif, maka *relay* juga diaktifkan karena terminal A2 pada *relay* mendapat tegangan negatif dari TR2.
3. AC akan diaktifkan karena anak kontak *normally open (NO)* pada *relay* akan menjadi *normally close (NC)*,
4. Pemasangan diode diperlukan, guna menghubungkan singkatkan tegangan induksi yang muncul disaat *relay* menuju posisi *off*.

### c. **Driver Pengaturan Setingan Suhu AC**

Pengaturan setingan suhu AC menggunakan tombol tekan yang difungsikan sebagai input ke mikrokontroler, di mana terdapat 2 buah tombol tekan yang berfungsi sebagai tombol pengaturan untuk suhu naik

dan tombol pengaturan untuk suhu turun. Blok diagram pengaturan setingan suhu AC dapat dilihat pada gambar 14.



**Gambar 14.** Blok diagram pengaturan setingan suhu AC.

Prinsip kerja blok diagram pada Gambar 14 sebagai berikut:

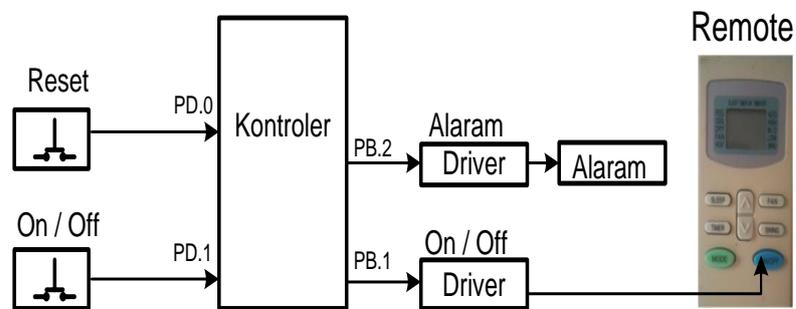
1. Pada saat tombol suhu naik ditekan, maka kontroler akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan *driver relay* yang terhubung dengan tombol suhu naik pada *remote control* sehingga setingan suhu pada *remote control* akan naik (misalkan dari 24°C ke 25°C).
2. Pada saat tombol suhu turun ditekan, maka kontroler akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan *driver relay* yang terhubung dengan tombol suhu turun pada *remote control* sehingga setingan suhu pada *remote control* tersebut akan turun (misalkan dari 25°C ke 24°C).

**d. Tombol Reset, tombol *on-off* dan *driver on-off AC***

1. Tombol reset berfungsi untuk mereset sistem pada saat terdeteksi bahwa AC perlu dilakukan perawatan.

2. Tombol *on-off* berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan kerja AC.
3. Driver *on-off* AC berfungsi sebagai penghubung antara kontroler dengan tombol *on-off* pada *remote* yang bertujuan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan kerja dari AC.

Blok diagram tombol reset, tombol *on-off* dan *driver on-off* AC dapat di lihat pada gambar 15.



**Gambar 15.** Blok diagram tombol *reset*, tombol *on-off* dan *driver on-off* AC.

Prinsip kerja blok diagram pada Gambar 15 sebagai berikut:

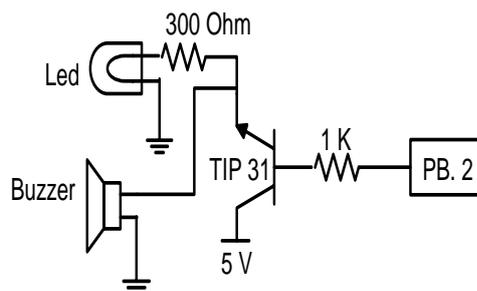
1. Pada saat tombol reset di tekan, maka sinyal dari tombol *reset* tersebut akan diterima oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan mengolah sinyal tersebut melalui program yang berada pada mikrokontroler kemudian mengeksekusinya untuk me-*reset* alarm.
2. Untuk mengaktifkan kerja dari AC, maka bagian program untuk mengaktifkan AC yang berada pada mikrokontroler akan membaca kondisi dari tombol *on/off* apakah ditekan atau tidak. Apabila tombol ini ditekan, maka mikrokontroler akan mengirim sinyal melalui PB1 untuk

mengaktifkan *driver* yang terhubung dengan tombol on/off pada *remote control* sehingga AC akan diaktifkan.

3. Untuk me-*non*-aktifkan kerja dari AC, maka bagian program untuk me-*non*-aktifkan AC yang berada pada mikrokontroler akan membaca kondisi dari tombol on/off apakah ditekan atau tidak. Apabila tombol ini ditekan, maka mikrokontroler akan mengirim sinyal melalui PB1 untuk mengaktifkan *driver* yang terhubung dengan tombol on/off pada *remote control*, sehingga AC akan di-*non*-aktifkan.

#### e. *Driver Alarm*

*Driver alarm* ini menggunakan transistor yang difungsikan sebagai saklar. Fungsi dari rangkaian ini adalah untuk mengaktifkan dan menonaktifkan kerja dari alarm, di mana alarm di sini terdiri dari indikator LED dan *buzzer*. *Diver alarm* dapat dilihat pada gambar 16.



**Gambar 16.** *Driver alarm*.

Prinsip kerja rangkaian *driver alarm*:

Pada saat rangkaian mendapat tegangan positif sebesar 5 Volt dari *output* mikrokontroler (PB0), maka transistor akan diaktifkan. Yang

menyebabkan aktifnya transistor adalah arus yang mengalir melalui resistor ke terminal *basis* transistor. Besarnya arus basis adalah:

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} \\ &= \frac{5 - 0,6}{1000} \\ &= 0,0044 \text{ Ampere.} \end{aligned}$$

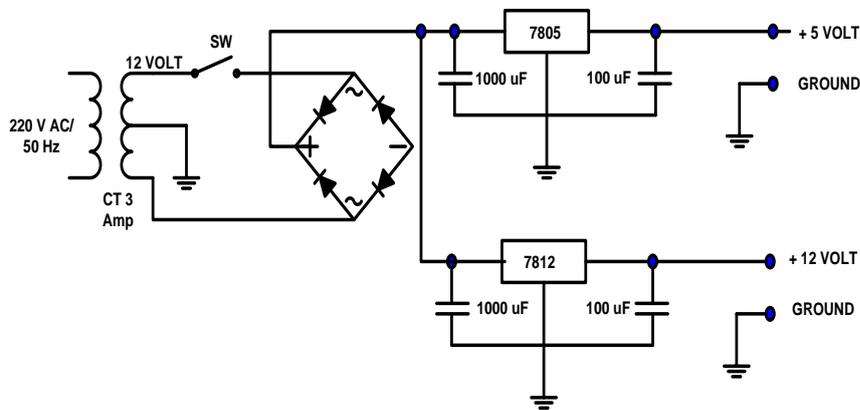
Karena transistor pada rangkaian ini difungsikan sebagai saklar, maka tegangan sebesar 5 Volt akan mengalir dari kolektor ke emitor untuk menyalakan *LED* dan mengaktifkan *buzzer*.

#### f. Rangkaian Catu Daya

Untuk menjalankan semua perangkat keras dari sistem ini, dibutuhkan daya listrik yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing perangkat. Pada rangkaian kontroler, dibutuhkan tegangan 5 volt berarus *dc* dengan arus maksimal 1 A. Begitupun untuk rangkaian penunjang seperti *driver relay* membutuhkan tegangan 12 volt *dc*, *driver alarm* membutuhkan tegangan 5 volt *dc* dan rangkaian-rangkaian penunjang lainnya.

Untuk itu, perlu dibuat suatu rangkaian catu daya yang dapat menyuplai kebutuhan di atas, dengan sumber tegangan dari PLN 220 Volt berbentuk arus *ac* maka digunakan transformator dengan batasan arus 3 A untuk mengubah nilai tegangan menjadi 12 volt dan disearahkan melalui rangkaian penyearah kemudian dijadikan tegangan yang konstan (tereregulasi) dengan menggunakan regulator 7812 untuk tegangan 12 volt

dan 7805 untuk tegangan 5 volt. Rangkaian catu daya dapat dilihat pada Gambar 17.



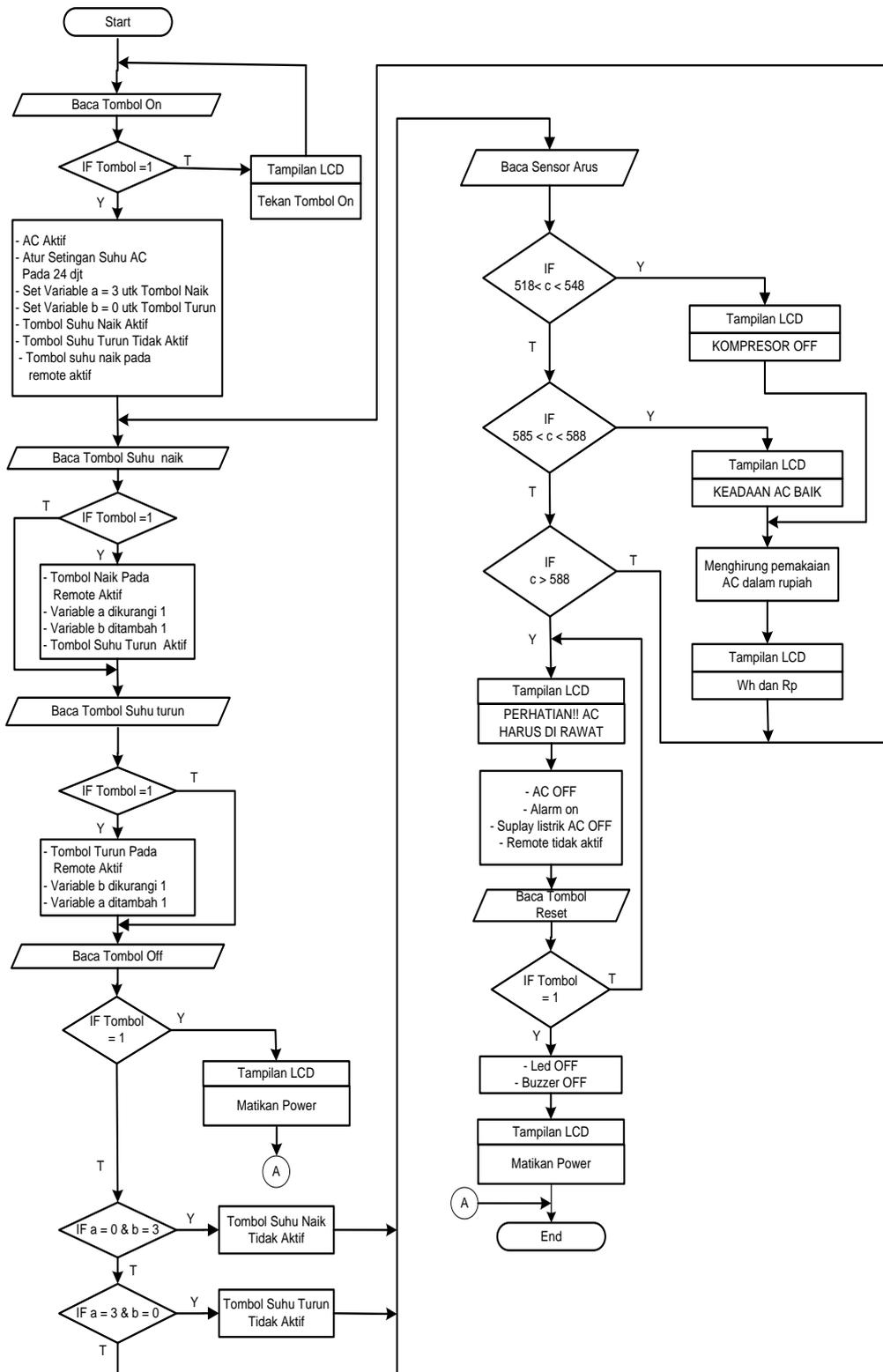
**Gambar 17.** Rangkaian catu daya

## 2. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang ditanamkan ke dalam mikrokontroler *atmega* 8535 berfungsi untuk mengoperasikan peralatan mikrokontroler tersebut agar sesuai dengan apa yang diharapkan. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Codevision AVR* yang berbasis pada bahasa C. Adapun tahapan-tahapan di dalam perancangan perangkat lunak meliputi :

### a. *Flow Chart* Diagram

*Flow chart* diagram bertujuan untuk mendesain perangkat lunak yang digunakan dalam sistem. Adapun alur perangkat lunak yang akan didesain sesuai dengan deskripsi kerja dari sistim rancangan. *Flow chart* diagram dapat dilihat pada Gambar 18, dan *coding* programnya dapat dilihat pada Lampiran 12.

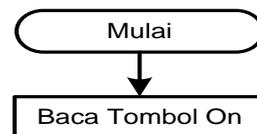


Gambar 18. Flow Chart Diagram

Adapun alur dari flow chart tersebut secara detail dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Mulai

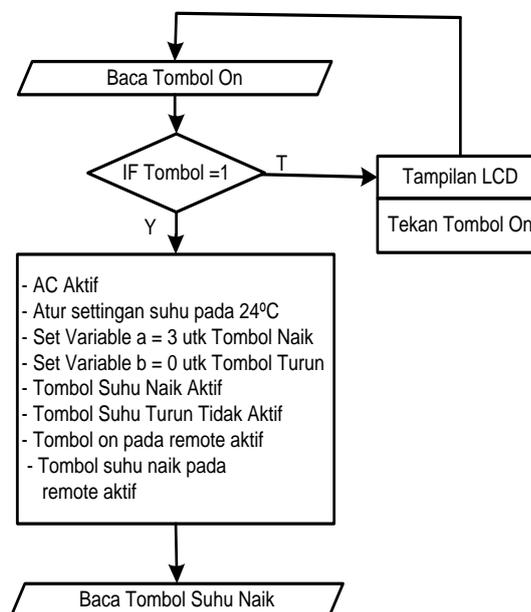
Bagian Mulai merupakan bagian awal dari program. Bagian mulai dapat dilihat pada Gambar 19.



**Gambar 19.** Bagian mulai.

### 2. Baca Tombol On

Bagian untuk membaca tombol *on* dapat dilihat pada Gambar 20.



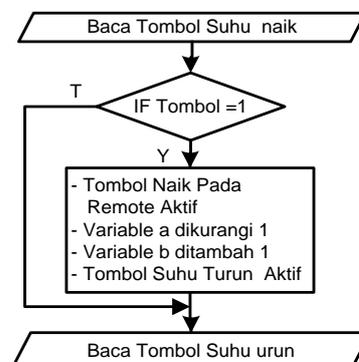
**Gambar 20.** Bagian keadaan tombol *on*.

Fungsi dari bagian ini adalah :

- a. Membaca keadaan tombol *on*,

- b. Jika tombol tidak ditekan, sistem akan menginformasikan melalui tampilan *LCD* untuk menekan tombol *on*. Selanjutnya kembali ke membaca keadaan tombol *on*.
- c. Jika tombol ditekan, maka:
1. *AC* aktif, berfungsi untuk mengaktifkan suplai listrik ke *AC* melalui *driver relay*.
  2. Mengatur settingan suhu *AC* secara otomatis melalui *remote control* pada settingan suhu 24°C.
  3. Pengesetan *variable* *a* dengan 3 yang berfungsi sebagai penghitung untuk tombol suhu naik.
  4. Pengesetan *variable* *b* dengan 0 yang berfungsi sebagai penghitung untuk tombol suhu turun.
  5. Mengaktifkan fungsi dari tombol suhu naik.
  6. Menonaktifkan fungsi dari tombol suhu turun.
3. Membaca keadaan tombol suhu naik

Bagian untuk membaca keadaan tombol suhu naik dapat dilihat pada Gambar 21.

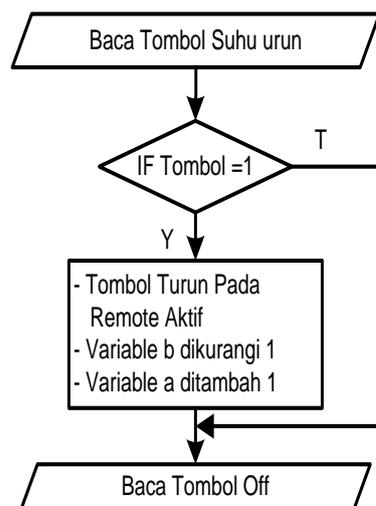


**Gambar 21.** Bagian pembacaan tombol suhu naik.

Fungsi dari bagian ini adalah :

- a. Membaca tombol suhu naik
  - b. Mengecek apakah tombol suhu naik ditekan atau tidak.
  - c. Jika tombol suhu naik ditekan, maka proses selanjutnya yang dilakukan adalah mengirimkan sinyal ke tombol suhu naik yang berada pada *remote*, mengurangi *variable* a dengan 1 dan menambahkan *variable* b dengan 1 sehingga sistem mengetahui bahwa settingan suhu telah naik satu tingkat (misalkan dari settingan suhu 24°C ke 25°C), mengaktifkan fungsi dari tombol suhu turun agar dapat digunakan.
  - d. Jika tombol suhu naik tidak ditekan, maka sistem akan menuju ke proses selanjutnya membaca keadaan tombol suhu turun.
4. Membaca keadaan tombol suhu turun

Bagian pembacaan tombol suhu turun dapat dilihat pada Gambar 22.



**Gambar 22.** Bagian pembacaan tombol suhu turun.

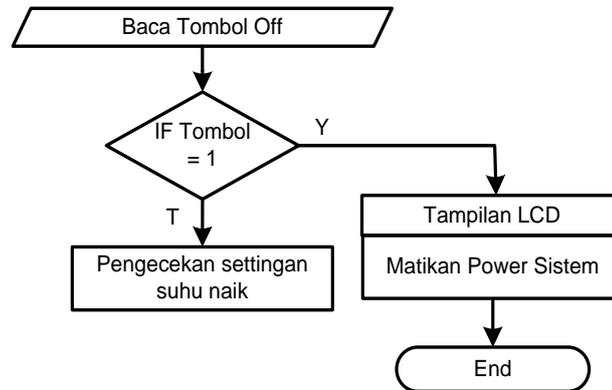
Fungsi dari bagian ini adalah :

- a. Membaca tombol suhu turun
  - b. Mengecek apakah tombol suhu turun ditekan atau tidak.
  - c. Jika tombol suhu turun ditekan, maka proses selanjutnya yang dilakukan adalah mengirimkan sinyal ke tombol suhu turun yang berada di *remote*, menambah *variable* a dengan 1 dan mengurangi *variable* b dengan 1 sehingga sistem mengetahui bahwa settingan suhu telah turun satu tingkat (misalkan dari settingan suhu 25°C ke 24°C),.
  - d. Jika tombol suhu turun tidak ditekan, maka sistem akan menuju ke proses selanjutnya yaitu membaca keadaan tombol *off* sistem .
5. Membaca keadaan tombol *off* AC.

Fungsi dari bagian ini adalah :

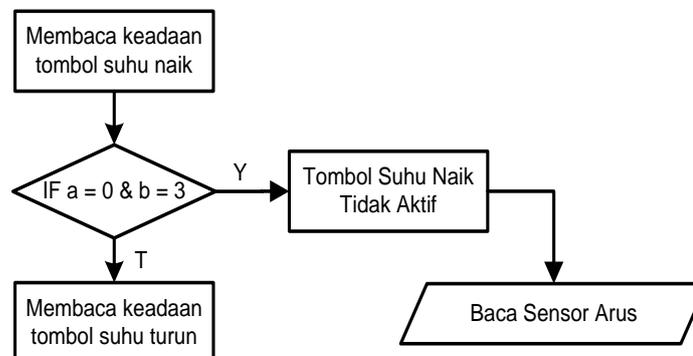
- a. Membaca keadaan tombol *off*.
- b. Jika tombol *off* ditekan, maka proses selanjutnya adalah menampilkan informasi lewat *LCD* untuk menonaktifkan sistem diikuti dengan menonaktifkan kerja dari AC, menonaktifkan kerja alarm, menonaktifkan fungsi dari tombol suhu naik dan menonaktifkan fungsi dari tombol suhu turun. Setelah itu sistem akan ke bagian *end* program. Jika tombol tidak ditekan, maka sistem akan menuju ke proses pengecekan settingan suhu naik.

Bagian tombol off sistem dapat di lihat pada gambar 23.



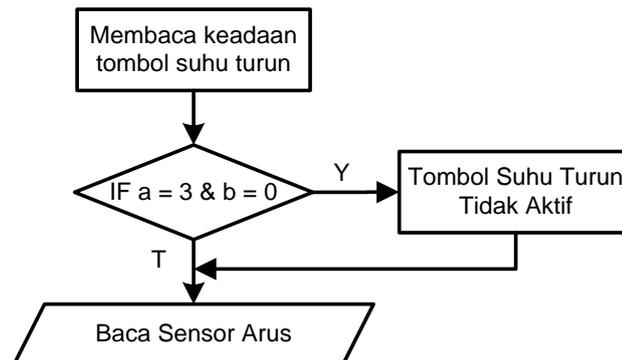
**Gambar 23.** Tombol *off* system.

6. Mengecek apakah settingan suhu telah naik sampai pada batas terakhir yaitu pada settingan  $27^{\circ}\text{C}$ . Jika telah terpenuhi, maka tombol suhu naik akan dinonaktifkan fungsinya sehingga walaupun ditekan tidak akan berpengaruh terhadap sistem dan settingan suhu tidak akan bertambah kemudian sistem akan menuju ke proses selanjutnya yaitu membaca data sensor arus melalui *ADC*. Jika keadaan belum terpenuhi, maka sistem akan menuju ke proses selanjutnya yaitu membaca data sensor arus melalui *ADC*. Bagian pengecekan tombol suhu naik dapat dilihat pada Gambar 24.



**Gambag 24.** Bagian pengecekan tombol suhu naik.

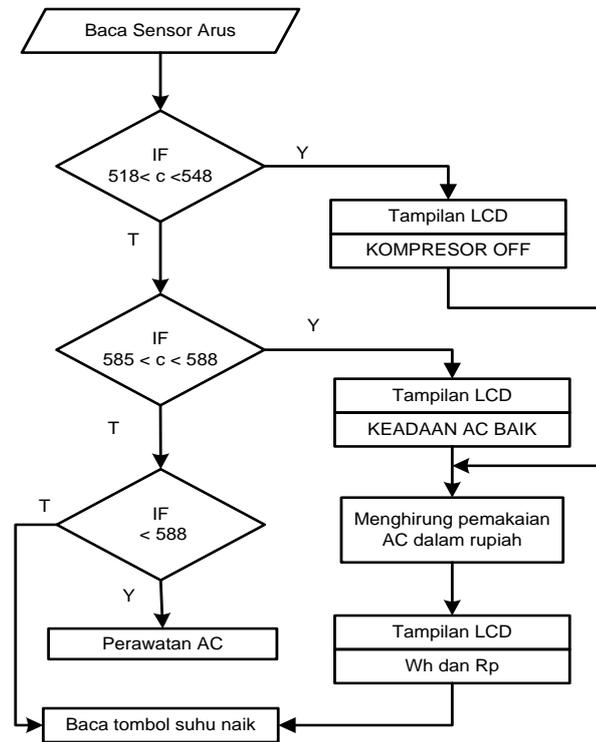
7. Mengecek apakah settingan suhu telah turun sampai pada batas terakhir yaitu pada settingan  $24^{\circ}\text{C}$ . jika telah terpenuhi, maka tombol suhu turun akan dinonaktifkan fungsinya sehingga walaupun ditekan tidak akan berpengaruh terhadap sistem dan settingan suhu tidak akan berkurang kemudian sistem akan menuju ke proses selanjutnya yaitu membaca data sensor arus melalui *ADC*. Jika keadaan belum terpenuhi, maka sistem akan menuju ke proses selanjutnya yaitu membaca data sensor arus melalui *ADC*. Bagian pengecekan tombol suhu turun dapat dilihat pada Gambar 25.



**Gambag 25.** Bagian pengecekan tombol suhu turun.

8. Membaca data sensor arus

Pada bagian ini sistem akan membaca data sensor arus melalui *ADC*, kemudian data tersebut akan diklarifikasi apakah masuk pada rentang data pada saat suhu telah terpenuhi dan kompresor tidak aktif ataukah masuk pada rentang data pada saat *AC* sedang aktif untuk mencapai settingan suhu yang diset. Bagian pembacaan data sensor arus dapat dilihat pada Gambar 26.



**Gambar 26.** Bagian membaca data sensor arus.

Fungsi dari bagian ini adalah :

- Membaca data sensor arus melalui *ADC* dan menyimpannya pada variabel *c*.
- Membandingkan data pada variabel *c* apakah sama dengan rentang nilai *set point* di mana kompresor dalam keadaan *off*.
- Jika data pada variabel *c* masuk pada rentang nilai *set point*, maka proses selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung besarnya pemakaian *AC* dalam rupiah kemudian menampilkan informasi melalui *LCD* yang mana *AC* dalam keadaan *off* serta informasi biaya pemakaian *AC*. Selanjutnya proses akan masuk ke bagian untuk membandingkan data variabel *c* dengan rentang nilai *set*

*point* pada saat AC sedang aktif untuk mencapai suhu sesuai dengan settingan suhu yang ditentukan. Jika data pada variabel *c* lebih besar dari rentang nilai set *point*, maka proses selanjutnya adalah membandingkan nilai data variabel *c* dengan rentang nilai *set point* pada saat AC sedang aktif untuk mencapai suhu sesuai dengan settingan suhu yang ditentukan.

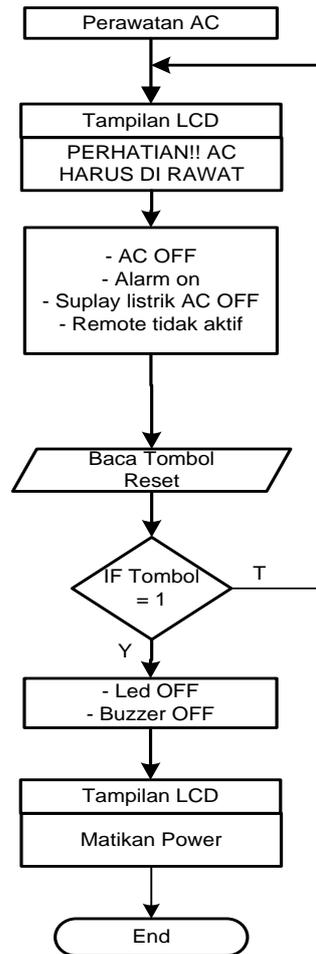
- d. Jika data pada variabel *c* masuk pada rentang nilai *set point* pada saat AC sedang aktif untuk mencapai suhu sesuai dengan settingan suhu yang ditentukan, maka proses selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung besarnya pemakaian AC dalam rupiah kemudian menampilkan informasi tersebut melalui *LCD*, serta informasi mengenai keadaan AC masih berada dalam kondisi baik.

## 9. Perawatan AC

Bagian perawatan AC ini berisikan :

- a. Tampilan informasi untuk perawatan AC.
- b. Proses untuk menghidupkan alarm dan memutus sumber listrik ke AC.
- c. Membaca keadaan tombol reset apakah ditekan atau tidak. Jika tombol *reset* tidak ditekan, maka sistem akan kembali ke bagian tampilan informasi untuk perawatan AC. Jika tombol *reset* ditekan, maka alarm akan dinonaktifkan kemudian sistem akan dimatikan.

Gambar 27 memperlihatkan bagian perawatan AC.



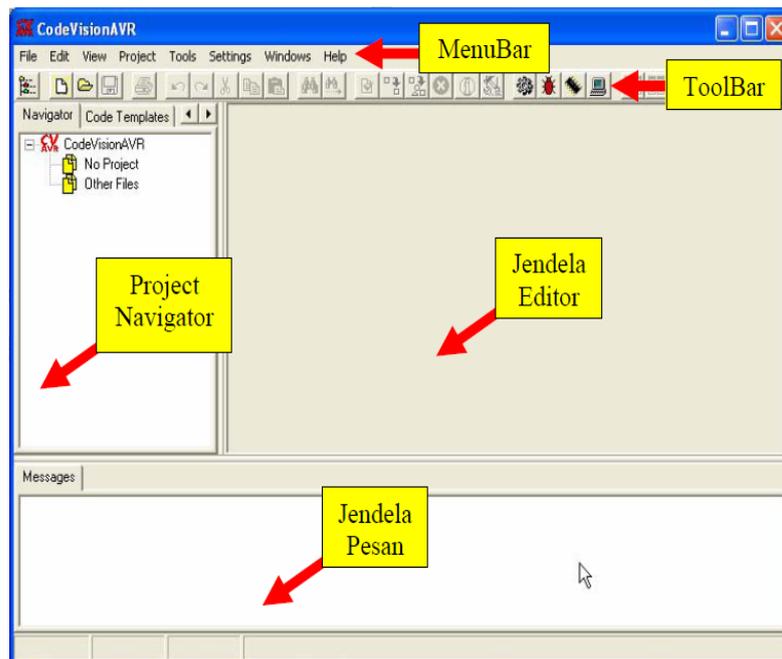
**Gambar 27.** Bagian perawatan AC.

## 2. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan *codevision AVR*. Program dibuat berdasarkan *flow chart* diagram. Adapun langkah-langkah di dalam pembuatan program ini meliputi :

### a. Membuka *IDE codevision AVR*

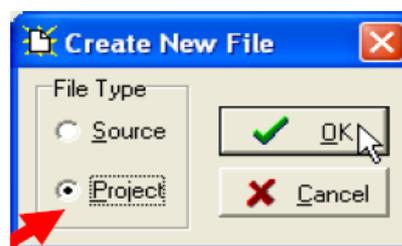
*IDE codevision AVR* berfungsi sebagai tempat untuk mengetikkan kode-kode dari program yang akan dibuat. *IDE codevision AVR* dapat dilihat pada Gambar 28.



**Gambar 28.** IDE codevision AVR.

b. Membuat *project* baru

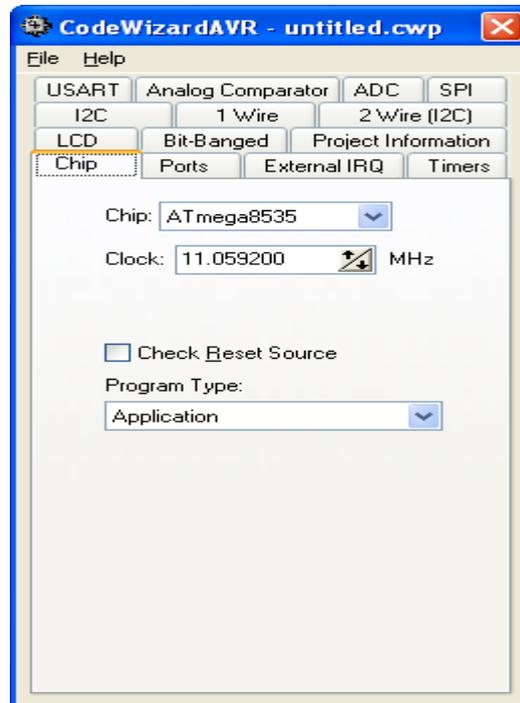
Langkah selanjutnya adalah membuat *project* baru dengan cara memilih *file* pada *menu bar* kemudian pilih *new* kemudian pilih *project* dan diakhiri dengan penekanan tombol *ok*. Pembuatan *project* baru dapat dilihat pada Gambar 29.



**Gambar 29.** membuat *project* baru.

Setelah tombol *OK* ditekan, maka akan muncul pertanyaan apakah akan menggunakan *code wizard AVR* kemudian tekan *Yes*, maka akan

muncul tampilan untuk *code wizard AVR* yang baru. Gambar 30 memperlihatkan Tampilan *code wizard AVR*.

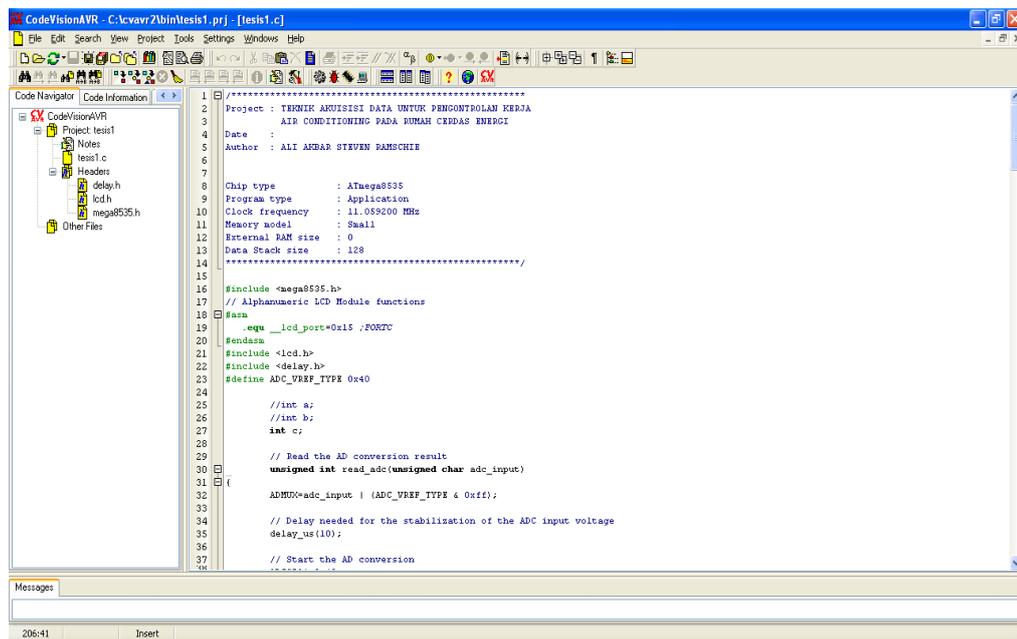


**Gambar 30.** Tampilan *code wizard AVR*.

*Code wizard AVR* berfungsi sebagai media untuk menginisialisasi serta mengkonfigurasi komponen-komponen yang akan digunakan di dalam pembuatan program. Komponen-komponen yang perlu diinisialisasi pada *code wizard avr* meliputi pemilihan *chip* kontroler yang akan digunakan di mana dalam hal ini *chip* kontroler yang digunakan adalah *ATMega8535*, pengkonfigurasi *LCD* di mana *port C* digunakan untuk tampilan *LCD*, pengkonfigurasi *ADC* di mana *port A* digunakan sebagai *ADC* dan pengkonfigurasi port di mana *port B* berfungsi sebagai *output* sedangkan *port D* berfungsi sebagai input.

### c. Pembuatan Program

Langkah berikutnya adalah pembuatan program. Pembuatan program ini dibuat berdasarkan algoritma berupa *flow chart* sistem *control* dan monitoring yang telah dibuat sebelumnya. Tampilan pembuatan program bisa dilihat pada Gambar 31.



```
1 //*****
2 Project : TEKNIK AMPLISIST DATA UNTUK PEMONTORAN KERJA
3         AID CONDITIONING PADA RUMAH CERDAS ENERGI
4 Date :
5 Author : ALI AMBAR STEVEN RAMSCHIE
6
7
8 Chip type      : ATmega8535
9 Program type   : Application
10 Clock frequency : 11.059200 MHz
11 Memory model   : Small
12 External RAM size : 0
13 Data Stack size : 128
14 *****/
15
16 #include <mega8535.h>
17 // Alphanumeric LCD Module functions
18 #asm
19     .equ _lcd_port=0x15 ,PORTC
20 #endasm
21 #include <lcd.h>
22 #include <delay.h>
23 #define ADC_VREF_TYPE 0x40
24
25 //int a;
26 //int b;
27 int c;
28
29 // Read the AD conversion result
30 unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
31 {
32     ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xf);
33
34     // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
35     delay_us(10);
36
37     // Start the AD conversion
```

**Gambar 31.** Tampilan pembuatan program.



Dari hasil pengujian sensor arus, maka diperoleh data seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Pengujian sensor arus

Arus Input (A)	Pengujian Tes Point (V)			Hasil Perhitungan (V)			Error (%)			Keterangan
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	
0	2,49	1,24	2,48	2,5	1,24	2,48	0,4	0	0	AC tidak aktif
0,7	2,62	1,31	2,62	2,63	1,31	2,6	0,4	0	0	Kompresor off
1,7	2,82	1,4	2,81	2,81	1,4	2,78	0,35	0	0,35	Kompresor on
1,75	2,83	1,41	2,82	2,83	1,41	2,82	0,35	0,35	0	Batas perawatan AC

Hasil pengujian sensor arus pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa ada 4 pengujian arus yang dilakukan. Pengujian arus dilakukan dengan menggunakan *Amperemeter* untuk mengukur besarnya arus yang dikonsumsi oleh *air conditioning*.

- a. Pengujian pertama dilakukan pada saat AC berada dalam keadaan tidak aktif, dimana arusnya adalah 0 *Ampere*. Keluaran dari sensor arus yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Volt meter* (V1) menunjukkan angka 2,49 *Volt*.

Dari hasil pengujian tersebut terdapat selisih sebesar 0,01 *Volt* dari data *output* yang dikeluarkan oleh pabrik dimana datanya sebesar 2,5 *Volt* pada saat sensor tidak dibebani, sehingga besarnya *error* antara data pabrik dengan data pengujian adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data sensor arus} - \text{data pengukuran}}{\text{data sensor arus}} \times 100 \% \\
 &= \frac{2,5 - 2,49}{2,5} \times 100 \% \\
 &= 0,4 \%
 \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V2 pada *output* setelah melewati rangkaian pembagi tegangan dan rangkaian penyearah menunjukkan angka 1,24 Volt. Secara teoritis *output* tegangan dari rangkaian pembagi tegangan adalah sebagai berikut :

$$V_{Output} = \frac{R2}{R2+R1} \times v_{in}$$

Dimana besarnya  $R1 = R2 = 1 \text{ k}\Omega$ , sehingga

$$\begin{aligned} V_{Output} &= \frac{1000}{1000+1000} \times 2,49 \\ &= 0,5 \times 2,49 \\ &= 1,24 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara hasil perhitungan dan hasil pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{1,24 - 1,24}{1,24} \times 100\% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V3 pada *output* setelah melewati rangkaian penguat *op-amp* menunjukkan angka 2,48 Volt. Secara teoritis *output* dari rangkaian penguat ini adalah sebagai berikut :

$$V_{Output} = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$$

Dimana :

$R_f$  = Resistor umpan balik ( sebesar 20 k $\Omega$  )

$R_{in}$  = Resistor *input* ( sebesar 10 k $\Omega$  )

$V_{in}$  = Tegangan masukan ( sebesar 1,24 Volt )

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_{Output} &= -\frac{20000}{10000} \times 1,24 \\ &= -2 \times 1,24 \\ &= -2,48 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Karena *ADC* hanya menerima tegangan positif, maka pada rangkaian *op-amp* ke dua dengan konfigurasi sebagai penguatan 1 kali akan membalik polaritas tegangan negatif yang dihasilkan oleh *op-amp* pertama menjadi tegangan positif sebesar 2,48 Volt.

Dari hasil pengujian dan hasil perhitungan terdapat *error* sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,48 - 2,48}{2,48} \times 100 \% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

- b. Pengujian kedua dilakukan pada saat *AC* berada dalam keadaan aktif dan kompresor berada dalam keadaan *off*, dimana arusnya adalah 0,7 *Ampere*. Keluaran dari sensor arus yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur Volt meter (V1) menunjukkan angka 2,62 Volt.

Secara teoritis, tegangan *output* dari sensor arus adalah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{Output} &= 2,5 + ( 0,185 \times I ) \\ &= 2,5 + ( 0,185 \times 0,7 ) \\ &= 2,63 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara data perhitungan dengan data pengujian adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,63 - 2,62}{2,63} \times 100\% \\ &= 0,4 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V2 pada *output* setelah melewati rangkaian pembagi tegangan dan rangkaian penyearah menunjukkan angka 1,31 Volt. Secara teoritis *output* tegangan dari rangkaian pembagi tegangan adalah sebagai berikut :

$$V_{\text{Output}} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \times v_{\text{in}}$$

Dimana besarnya  $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ , sehingga

$$\begin{aligned} V_{\text{Output}} &= \frac{1000}{1000 + 1000} \times 2,62 \\ &= 0,5 \times 2,62 \\ &= 1,31 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara hasil perhitungan dan hasil pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{1,31 - 1,31}{1,31} \times 100\% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V3 pada *output* setelah melewati rangkaian penguat *op-amp*

menunjukkan angka 2,62 Volt. Secara teoritis *output* dari rangkaian penguat ini adalah sebagai berikut :

$$V_{Output} = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$$

Dimana :

$R_f$  = Resistor umpan balik ( sebesar 20 k $\Omega$  )

$R_{in}$  = Resistor *input* ( sebesar 10 k $\Omega$  )

$V_{in}$  = Tegangan masukan ( sebesar 1,31 Volt )

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_{Output} &= -\frac{20000}{10000} \times 1,31 \\ &= -2 \times 1,31 \\ &= -2,62 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Karena ADC hanya menerima tegangan positif, maka pada rangkaian *op-amp* ke dua dengan konfigurasi sebagai penguatan 1 kali akan membalik polaritas tegangan negatif yang dihasilkan oleh *op-amp* pertama menjadi tegangan positif sebesar 2,62 Volt.

Dari hasil pengujian dan hasil perhitungan terdapat *error* sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,62 - 2,62}{2,62} \times 100 \% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

- c. Pengujian ketiga dilakukan pada saat AC berada dalam keadaan aktif dan kompresor berada dalam keadaan *on* untuk mencapai suhu sesuai

dengan *set point*, dimana arusnya adalah 1,7 *Ampere*. Keluaran dari sensor arus yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Volt* meter (V1) menunjukkan angka 2,82 *Volt*.

Secara teoritis, tegangan *output* dari sensor arus adalah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{Output} &= 2,5 + ( 0,185 \times I ) \\ &= 2,5 + ( 0,185 \times 1,7 ) \\ &= 2,81 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara data perhitungan dengan data pengujian adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,81 - 2,82}{2,81} \times 100\% \\ &= 0,35 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V2 pada *output* setelah melewati rangkaian pembagi tegangan dan rangkaian penyearah menunjukkan angka 1,4 *Volt*. Secara teoritis *output* tegangan dari rangkaian pembagi tegangan adalah sebagai berikut :

$$V_{Output} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \times v_{in}$$

Dimana besarnya  $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ , sehingga

$$\begin{aligned} V_{Output} &= \frac{1000}{1000 + 1000} \times 2,8 \\ &= 0,5 \times 2,8 \\ &= 1,4 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara hasil perhitungan dan hasil pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{1,4 - 1,4}{1,4} \times 100\% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V3 pada *output* setelah melewati rangkaian penguat *op-amp* menunjukkan angka 2,81 Volt. Secara teoritis *output* dari rangkaian penguat ini adalah sebagai berikut :

$$V_{\text{Output}} = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$$

Dimana :

$R_f$  = Resistor umpan balik ( sebesar 20 k $\Omega$  )

$R_{in}$  = Resistor *input* ( sebesar 10 k $\Omega$  )

$V_{in}$  = Tegangan masukan ( sebesar 1,4 Volt )

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_{\text{Output}} &= -\frac{20000}{10000} \times 1,4 \\ &= -2 \times 1,4 \\ &= -2.8 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Karena ADC hanya menerima tegangan positif, maka pada rangkaian *op-amp* ke dua dengan konfigurasi sebagai penguatan 1 kali akan membalik polaritas tegangan negatif yang dihasilkan oleh *op-amp* pertama menjadi tegangan positif sebesar 2,8 Volt.

Dari hasil pengujian dan hasil perhitungan terdapat *error* sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,8 - 2,81}{2,78} \times 100\% \\ &= - 0,35 \% \end{aligned}$$

- d. Pengujian keempat dilakukan pada saat arus yang dikonsumsi AC telah naik sebesar 3 % dari keadaan normal, dimana arusnya adalah 1,75 *Ampere*. Keluaran dari sensor arus yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Volt* meter (V1) menunjukkan angka 2,83 *Volt*.

Secara teoritis, tegangan *output* dari sensor arus adalah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{\text{Output}} &= 2,5 + ( 0,185 \times I ) \\ &= 2,5 + ( 0,185 \times 1,87 ) \\ &= 2,84 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara data perhitungan dengan data pengujian adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,84 - 2,82}{2,84} \times 100\% \\ &= 0,35 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V2 pada *output* setelah melewati rangkaian pembagi tegangan dan rangkaian penyearah menunjukkan angka 1,41 *Volt*. Secara teoritis *output* tegangan dari rangkaian pembagi tegangan adalah sebagai berikut :

$$V_{Output} = \frac{R_2}{R_2+R_1} \times v_{in}$$

Dimana besarnya  $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ , sehingga

$$\begin{aligned} V_{Output} &= \frac{1000}{1000+1000} \times 2,83 \\ &= 0,5 \times 2,83 \\ &= 1,415 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya *error* antara hasil perhitungan dan hasil pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{1,415 - 1,41}{1,415} \times 100\% \\ &= 0,35 \% \end{aligned}$$

Pengujian tegangan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur V3 pada *output* setelah melewati rangkaian penguat *op-amp* menunjukkan angka 2,82 Volt. Secara teoritis *output* dari rangkaian penguat ini adalah sebagai berikut :

$$V_{Output} = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in}$$

Dimana :

$R_f$  = Resistor umpan balik ( sebesar 20 k $\Omega$  )

$R_{in}$  = Resistor *input* ( sebesar 10 k $\Omega$  )

$V_{in}$  = Tegangan masukan ( sebesar 1,41 Volt )

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_{Output} &= -\frac{2000}{1000} \times 1,41 \\ &= -2 \times 1,41 \end{aligned}$$

$$= - 2,82 \text{ Volt}$$

Karena *ADC* hanya menerima tegangan positif, maka pada rangkaian *op-amp* ke dua dengan konfigurasi sebagai penguatan 1 kali akan membalik polaritas tegangan negatif yang dihasilkan oleh *op-amp* pertama menjadi tegangan positif sebesar 2,82 *Volt*.

Dari hasil pengujian dan hasil perhitungan terdapat *error* sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,82 - 2,82}{2,82} \times 100 \% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

## 2. Pengujian *ADC*

Pengujian *ADC* dilakukan terhadap setiap perubahan tegangan yang dihasilkan oleh keluaran dari rangkaian sensor arus. Fungsi dari *ADC* adalah untuk mengubah input sinyal analog ke sinyal digital. Data hasil pengujian *ADC* tersebut nantinya akan digunakan sebagai data referensi di dalam pembuatan program. Tabel 2. memperlihatkan data hasil pengujian *ADC* untuk setiap perubahan tegangan input yang merupakan keluaran dari rangkaian sensor arus.

**Tabel 2** Data *ADC*

Input <i>ADC</i> (V)	Output <i>ADC</i> (Data)	Perhitungan (Data)	Error %
2,48	518,27	518,26	0,002
2,62	547,43	547,53	0,018
2,813	586,1	586,81	0,192
2,82	588,02	589,32	0,220

Secara teoritis untuk menguji besarnya data *ADC* yaitu dengan cara menghitungnya sesuai dengan persamaan :

$$\text{Data } ADC = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}}$$

Di mana :

$V_{in}$  = Tegangan input *ADC*

$V_{ref}$  = Tegangan referensi *ADC* ( 4,9 Volt )

- a. Untuk pengujian pertama pada saat input *ADC* sebesar 2,48 Volt, maka data yang diperoleh adalah 518,27. Sedangkan secara teoritis data perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Data } ADC &= \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}} \\ &= \frac{2,48 \times 1024}{4,9} \\ &= 518,26 \end{aligned}$$

Besarnya data error dari hasil pengujian dan perhitungan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{518,26 - 518,27}{518,26} \times 100\% \\ &= - 0,002\% \end{aligned}$$

- b. Untuk pengujian kedua pada saat input *ADC* sebesar 2,62 Volt, maka data yang diperoleh adalah 547,43. Sedangkan secara teoritis data perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Data } ADC &= \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}} \\ &= \frac{2,62 \times 1024}{4,9} \end{aligned}$$

$$= 547,53$$

Besarnya data error dari hasil pengujian dan perhitungan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{547,53 - 547,43}{547,53} \times 100\% \\ &= 0,018 \% \end{aligned}$$

- c. Untuk pengujian ketiga pada saat input *ADC* sebesar 2,81 Volt, maka data yang diperoleh adalah 586,1. Sedangkan secara teoritis data perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Data ADC} &= \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}} \\ &= \frac{2,81 \times 1024}{4,9} \\ &= 587,23 \end{aligned}$$

Besarnya data error dari hasil pengujian dan perhitungan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{587,23 - 586,1}{587,23} \times 100\% \\ &= 0,192 \% \end{aligned}$$

- d. Untuk pengujian keempat pada saat input *ADC* sebesar 2,82 Volt, maka data yang diperoleh adalah 588,02. Sedangkan secara teoritis data perhitungannya adalah sebagai berikut :

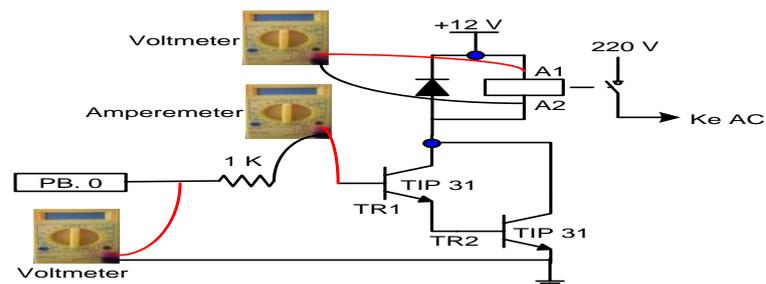
$$\begin{aligned} \text{Data ADC} &= \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}} \\ &= \frac{2,82 \times 1024}{4,9} \\ &= 589,32 \end{aligned}$$

Besarnya data error dari hasil pengujian dan perhitungan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \times 100 \% \\ &= \frac{589,32 - 586,81}{591,4} \times 100 \% \\ &= 0,220 \% \end{aligned}$$

### 3. Pengujian rangkaian *driver relay* untuk on/off AC.

Pengujian *driver relay* untuk on/off AC dilakukan untuk menguji besarnya tegangan input, arus basis dan tegangan *relay* pada saat rangkaian sedang aktif. Gambar 33 memperlihatkan pengujian dari rangkaian *driver relay* untuk on/off AC.



**Gambar 33.** Pengujian rangkaian *driver relay* untuk on/off AC.

Hasil pengujian rangkaian *driver relay* diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Data pengujian *driver relay* untuk on/off AC

Tegangan Input (V)	Arus Basis (mA)	Tegangan Relay (V)
4,8	2,97	11,9

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan *input* yang masuk ke terminal basis TR1 yang dihasilkan melalui *output* PB.0 dari mikrokontroler sebesar 4,8 Volt. Besarnya arus yang didapat adalah 2,97 mA. Pada saat basis TR1 menerima arus sebesar

2,97 mA, maka rangkaian akan aktif sehingga didapatkan tegangan sebesar 11,9 Volt pada kaki A1 dan A2 dari *relay*.

Secara teoritis besarnya arus yang mengalir ke terminal basis dari TR1 adalah sebagai berikut:

$$I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B}$$

Dimana:

$I_B$  = Arus basis

$V_{in}$  = Tegangan input (4,8 Volt)

$V_{BE}$  = Tegangan basis-emitor (0,6 Volt untuk transistor *silicon*)

$R_B$  = Tahanan basis (1K $\Omega$ )

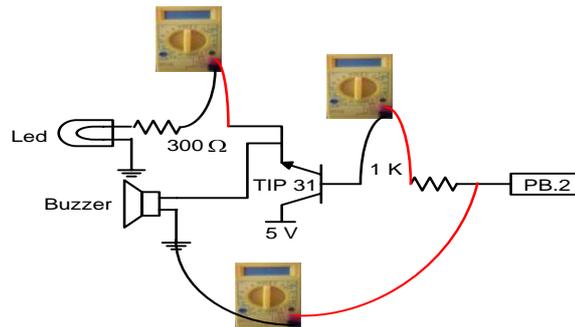
Maka:

$$\begin{aligned} V_{BE} &= V_{BE} \text{ TR1} + V_{BE} \text{ TR2} \\ &= 0,6 + 0,6 \\ &= 1,8 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{4,8 - 1,8}{1000} \\ &= 0,003 \text{ Ampere.} \end{aligned}$$

#### 4. Pengujian rangkaian *driver alarm*

Pengujian *driver alarm* dilakukan untuk menguji besarnya arus yang mengalir pada *LED*, tegangan input ke rangkaian dan arus basis pada saat rangkaian sedang aktif. Gambar 34. memperlihatkan pengujian dari rangkaian *driver alarm*.



**Gambar 34.** Pengujian rangkaian *driver alarm*.

Hasil pengujian rangkaian *driver relay* diperlihatkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Data pengujian *driver alarm*.

Tegangan Input (V)	Arus Basis (mA)	Arus LED (mA)
4,8	4,13	15,5

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tegangan *input* yang masuk ke terminal basis transistor yang dihasilkan melalui *output* PB.2 dari mikrokontroler sebesar 4,8 Volt. Besarnya arus yang didapat adalah 4,13 mA. Pada saat basis transistor menerima arus sebesar 4,13 mA, maka rangkaian *alarm* akan aktif sehingga LED akan menyala dan *buzzer* akan berbunyi. Arus yang mengalir pada LED sebesar 15,5 mA.

Secara teoritis besarnya arus yang mengalir ke terminal basis dari transistor adalah sebagai berikut:

$$I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B}$$

Dimana:

$I_B$  = Arus basis

$V_{in}$  = Tegangan input (4,8 Volt)

$V_{BE}$  = Tegangan basis-emitor (0,6 Volt untuk transistor *silicon*)

$R_B$  = Tahanan basis (1K $\Omega$ )

Maka:

$$I_B = \frac{4,8-0,6}{1000}$$

$$= 0,0042 \text{ Ampere.}$$

Besarnya arus yang mengalir pada *LED* adalah:

$$I_{LED} = \frac{V_{CC}}{R}$$

Dimana:

$I_{LED}$  = Arus *LED*

$V_{CC}$  = Tegangan sumber (4,9 Volt)

$R$  = Tahanan (300  $\Omega$ )

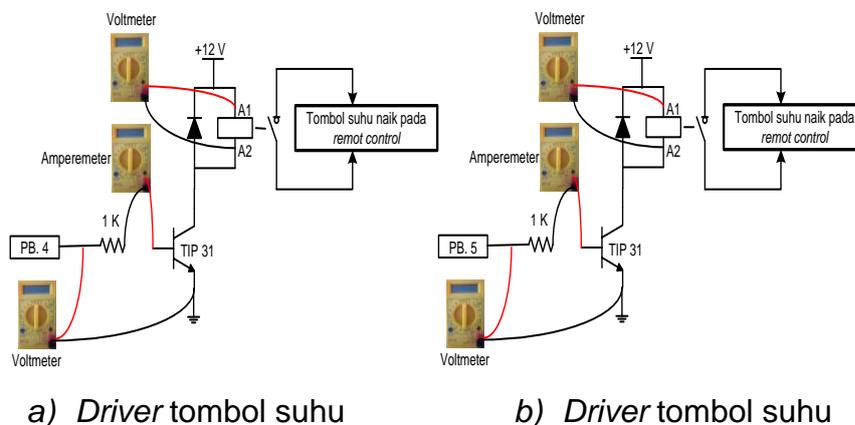
Maka:

$$I_{LED} = \frac{4,9}{300}$$

$$= 0,0163 \text{ Ampere.}$$

## **5. Pengujian rangkaian *driver relay* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada *remote control*.**

Pengujian *driver relay* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada *remote control* dilakukan untuk menguji besarnya tegangan input, arus basis dan tegangan relay pada saat rangkaian sedang aktif. Gambar 35 memperlihatkan pengujian dari rangkaian *driver relay* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada *remote control*.



**Gambar 35.** Pengujian rangkaian *driver relay* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada *remote control*.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai arus yang mengalir pada kaki basis transistor pada kedua rangkaian sebesar  $4,13 \text{ mA}$ . Tegangan relay pada saat rangkaian ini bekerja sebesar  $11,9 \text{ Volt}$ . Hasil pengujian rangkaian *driver relay* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada *remote control* diperlihatkan pada Tabel 5.

**Tabel 5** Data pengujian *driver relay* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada *remote control*.

Driver	Tegangan Input (V)	Arus Basis (mA)	Tegangan Relay (V)
Tombol Suhu Naik	4,8	4,13	11,9
Tombol Suhu Turun	4,8	4,13	11,9

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 5 menunjukkan bahwa tegangan *input* yang masuk ke terminal basis transistor yang dihasilkan melalui *output* PB.4 dan PB.5 dari mikrokontroler sebesar  $4,8 \text{ Volt}$ . Besarnya arus yang didapat adalah  $4,13 \text{ mA}$  untuk kedua rangkaian. Pada saat basis transistor dari rangkaian *driver* untuk tombol suhu naik dan rangkaian *driver* untuk tombol suhu turun menerima arus sebesar  $4,13$

*mA*, maka *driver-driver* tersebut akan bekerja. *Relay* akan aktif dan tegangan pada kaki A1 dan A2 sebesar 11,9 Volt.

Secara teoritis besarnya arus yang mengalir ke terminal basis dari transistor adalah sebagai berikut:

$$I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B}$$

Dimana:

$I_B$  = Arus basis

$V_{in}$  = Tegangan input (4,8 Volt)

$V_{BE}$  = Tegangan basis-emitor (0,6 Volt untuk transistor *silicon*)

$R_B$  = Tahanan basis (1K $\Omega$ )

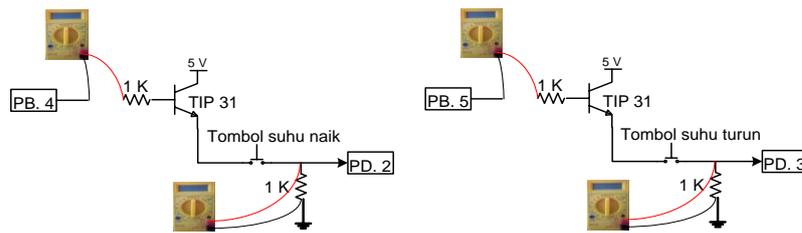
Maka:

$$I_B = \frac{4,8 - 0,6}{1000}$$

$$= 0,0042 \text{ Ampere.}$$

## 6. Pengujian rangkaian *driver* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui fungsi dari rangkaian *driver* tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai arus yang mengalir pada basis transistor, tegangan *output* dari tombol suhu naik dan tombol suhu turun. Gambar 36 memperlihatkan pengujian rangkaian *driver* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem.

a) *Driver* tombol suhu naikb) *Driver* tombol suhu turun

**Gambar 36.** Pengujian rangkaian *driver* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem.

Dari hasil pengujian pada rangkaian *driver* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem, maka didapat besarnya nilai arus pada kedua rangkaian untuk tegangan input 4,8 Volt sebesar 4,13 mA. Tegangan 4,8 Volt ini dihasilkan melalui *output* PB.4 dan PB.5 dari mikrokontroler. Pada saat tombol tidak ditekan, besarnya tegangan keluaran adalah 0 volt. Pada saat tombol ditekan, tegangan keluarannya sebesar 4,9 volt. Tabel 6 memperlihatkan data hasil pengujian *driver* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem.

**Tabel 6** Data pengujian *driver* untuk fungsi tombol suhu naik dan tombol suhu turun pada sistem.

Driver	Tegangan Input (V)	Arus Basis (mA)	Tegangan Output Tombol Tekan	
			Tombol tidak di tekan (V)	Tombol di tekan (V)
Tombol Suhu Naik	4,8	4,13	0	4,9
Tombol Suhu Turun	4,8	4,13	0	4,9

Secara teoritis besarnya arus yang mengalir ke terminal basis dari transistor adalah sebagai berikut:

$$I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B}$$

Dimana:

$I_B$  = Arus basis

$V_{in}$  = Tegangan input (4,8 Volt)

$V_{BE}$  = Tegangan basis-emitor (0,6 Volt untuk transistor *silicon*)

$R_B$  = Tahanan basis (1K $\Omega$ )

Maka:

$$I_B = \frac{4,8 - 0,6}{1000}$$

$$= 0,0042 \text{ Ampere.}$$

## B. Pengujian fungsional perangkat lunak.

Pengujian fungsional perangkat lunak dilakukan untuk mengetahui program yang dibuat apakah berjalan dengan baik atau tidak. Skenario di dalam melakukan pengujian perangkat lunak sebagai berikut:

1. Skenario 1; pengujian program untuk mengaktifkan sistem.
2. Skenario 2; pengujian program untuk membaca tombol suhu naik.
3. Skenario 3; pengujian program untuk membaca tombol suhu turun.
4. Skenario 4; pengujian program untuk membaca keadaan tombol *off AC*.
5. Skenario 5; pengujian program untuk pengecekan settingan suhu AC.
6. Skenario 6; pengujian program untuk membaca data sensor arus melalui *ADC*.
7. Skenario 7; pengujian program pada saat AC perlu dilakukan perawatan.

## 1. Pengujian program untuk mengaktifkan sistem.

Pada saat program pertama kali dijalankan, program akan menuju ke rutin aktif sistem. Perintah program untuk menuju ke rutin **Aktif\_Sistem** yaitu:

```
Aktif_Sistem();
```

Perintah-perintah program yang berada pada rutin **Aktif\_Sistem**:

```
void Aktif_Sistem()
{
    while (PIND.1==1)
    {
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("TEKAN TOMBOL ON");
        delay_ms(200);
    }

    a = 3;
    b = 0;
    PORTB.0 = 1;
    PORTB.2 = 0;
    PORTB.4 = 1;
    PORTB.5 = 0;
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf(" SISTEM AKTIF");
    delay_ms(200);
    PORTB.3 = 1;
    delay_ms(2000);
    PORTB.1 = 1;
    delay_ms(500);
    PORTB.1 = 0;
    delay_ms(2000);
    PORTB.6 = 1;
    delay_ms(500);
    PORTB.6 = 0;
    delay_ms(10000);
}
```

- a. Pada saat program ini dieksekusi, maka:

Membaca keadaan tombol *on* untuk mengaktifkan kerja AC. Pada saat tombol tidak di tekan, maka sistem akan menjalankan program untuk

menampilkan informasi kepada *user*, yang mana tombol *on* perlu di tekan. Hasil eksekusi dari program ini diperlihatkan pada Gambar 37.



**Gambar 37.** Tampilan informasi untuk penekanan tombol *on*.

- b. Pada saat tombol *on* ditekan, maka sistem akan menjalankan program:

Menampilkan informasi yang mana sistem telah aktif. Gambar 38 memperlihatkan informasi setelah penekanan tombol *on*.



**Gambar 38.** Memperlihatkan informasi setelah penekanan tombol *on*.

- c. Pengesetan variabel *a* dengan 3 yang berfungsi sebagai penghitung tombol suhu naik. Pengesetan ini dilakukan agar supaya settingan suhu AC dibatasi sampai pada 27°C. Perintah programnya:

$a = 3;$

- d. Pengesetan variabel *b* dengan 0 yang berfungsi sebagai penghitung tombol suhu turun. Pengesetan ini dilakukan agar supaya settingan suhu AC dibatasi sampai pada 24°C. Perintah programnya:

```
b = 3;
```

- e. Mengaktifkan suplai kelistrikan AC melalui port B.0. Pada saat port B.0 berlogika 1, maka *driver relay* untuk suplai kelistrikan AC aktif. Perintah programnya:

```
PORTB.0 = 1;
```

- f. Menonaktifkan kerja dari *alarm* dengan menggunakan perintah program:

```
PORTB.2 = 0;
```

- g. Mengaktifkan fungsi tombol suhu naik agar dapat di gunakan, dengan menggunakan perintah program:

```
PORTB.4 = 1;
```

- h. Menonaktifkan fungsi tombol suhu turun, dengan menggunakan perintah program:

```
PORTB.5 = 0;
```

Hasil pengujian untuk keadaan *driver relay* suplai kelistrikan AC, keadaan *alarm*, keadaan tombol suhu naik dan keadaan tombol suhu turun di perlihatkan pada Tabel 7.

**Tabel 7** Hasil pengujian keadaan *driver relay* suplai kelistrikan AC, keadaan *alarm*, keadaan tombol suhu naik dan keadaan tombol suhu turun.

Output Port B	Keadaan Sistem
Port B.0 = 1	<i>Driver relay</i> untuk suplai kelistrikan AC aktif
Port B.2 = 0	Alarm tidak aktif
Port B.4 = 1	Tombol suhu naik aktif
Port B.5 = 0	Tombol suhu turun tidak aktif

- i. Mengaktifkan fungsi dari *remote control* dengan cara memberikan suplai kelistrikan melalui *driver relay*. Perintah program yang digunakan adalah:

```
PORTB.3 = 1;
```

- j. Setelah waktu tunda selama 2 detik, maka AC akan diaktifkan *driver relay* yang terkoneksi dengan tombol *on/off* pada *remote control*. *Driver relay* akan diaktifkan (sebagai pengganti jari pada saat menekan tombol), setelah 0,5 detik maka *driver relay* akan di-*non*-aktifkan kerjanya. Perintah program yang digunakan adalah:

```
delay_ms(2000);
PORTB.1 = 1;
delay_ms(500);
PORTB.1 = 0;
```

- k. Setelah waktu tunda selama 2 detik, maka sistem akan menyetting suhu AC pada settingan 24°C melalui *Driver relay* yang terkoneksi dengan *remote control*. Sepuluh detik kemudian program akan masuk ke bagian membaca keadaan tombol suhu naik. Perintah program yang digunakan adalah:

```
delay_ms(2000);
PORTB.6 = 1;
delay_ms(500);
```

```
PORTB.6 = 0;
delay_ms(10000);
```

Hasil pengujian untuk keadaan fungsi *remote control*, pengaktifan AC, dan settingan awal suhu AC pada 24°C di perlihatkan pada Tabel 8.

**Tabel 8** Hasil pengujian Keadaan sistem untuk fungsi dari *remote control*, pengaktifan AC dan settingan awal suhu AC pada 24°C.

Output Port B	Keadaan Sistem
Port B.3 = 1	<i>Remote control</i> aktif
Port B.1 = 1	Tombol <i>on</i> pada <i>remote control</i> aktif
Port B.1 = 0	Tombol <i>on</i> pada <i>remote control</i> tidak aktif
Port B.6 = 1	Tombol suhu naik pada <i>remote control</i> aktif
Port B.6 = 0	Tombol suhu naik pada <i>remote control</i> tidak aktif

## 2. Pengujian program untuk membaca tombol suhu naik.

Bagian program membaca tombol suhu naik berfungsi untuk mendeteksi apakah tombol suhu naik ditekan atau tidak. Perintah-perintah program yang berada pada bagian ini yaitu:

```
while (PIND.2==1)
{
  a = a - 1;
  b = b + 1;
  PORTB.5 = 1; // Tombol suhu turun aktif
  PORTB.6 = 1; // Tombol remote suhu naik aktif
  delay_ms(500);
  PORTB.6 = 0; // Tombol remote suhu naik tidak aktif
}
```

Pada saat tombol suhu naik ditekan, maka nilai  $a - 1$  sehingga menjadi 2 ( $3 - 1$ ) dan nilai  $b + 1$  sehingga menjadi 1 ( $0 + 1$ ). Tombol suhu naik akan diaktifkan melalui port B.5 yang berlogika 1. Tombol suhu naik pada *remote control* akan diaktifkan melalui port B.6 yang terhubung ke rangkaian *driver relay*, sehingga settingan suhu AC diset pada 25°C. Tombol suhu naik pada *remote control* akan di-non-

aktifkan setelah 0,5 detik. Apabila tombol suhu naik tidak di tekan, maka sistem akan masuk pada bagian program membaca tombol suhu turun. Hasil pengujian dari penekanan tombol suhu naik diperlihatkan pada Tabel 9.

**Tabel 9** Hasil pengujian program pada saat tombol suhu naik ditekan

Output Port B	Keadaan Sistem
Port B.5 = 1	Fungsi tombol suhu turun diaktifkan
Port B.6 = 1	Tombol suhu naik pada <i>remote control</i> aktif
Port B.6 = 0	Tombol suhu naik pada <i>remote control</i> tidak aktif

Tampilan settingan suhu *AC remote control* pada saat tombol suhu naik di tekan, diperlihatkan pada Gambar 39.



**Gambar 39.** Tampilan settingan suhu *AC remote control* pada saat tombol suhu naik ditekan.

Penekanan tombol suhu naik hanya dapat dilakukan sebanyak 3 kali hingga mencapai settingan suhu 27°C.

### 3. Pengujian program untuk membaca tombol suhu turun.

Bagian program membaca tombol suhu turun berfungsi untuk mendeteksi apakah tombol suhu turun ditekan atau tidak. Perintah-perintah program yang berada pada bagian ini yaitu:

```
while (PIND.3==1)
{
  a = a + 1;
  b = b - 1;
  PORTB.4 = 1; // Tombol suhu naik aktif
```

```

PORTB.7 = 1; // Tombol remote suhu turun aktif
delay_ms(500);
PORTB.7 = 0; // Tombol remote suhu turun tidak aktif
}

```

Pada saat tombol suhu naik ditekan, maka nilai  $a + 1$  sehingga menjadi 1 ( $2 + 1$ ) dan nilai  $b - 1$  sehingga menjadi 2 ( $3 - 1$ ). Tombol suhu turun pada *remote control* akan diaktifkan melalui port B.6 yang terhubung ke rangkaian *driver relay*, sehingga settingan suhu AC di set pada  $26^{\circ}\text{C}$ . Tombol suhu turun pada *remote control* akan di-non-aktifkan setelah 0,5 detik. Apabila tombol suhu turun tidak ditekan, maka sistem akan masuk pada bagian program membaca tombol *off AC*. Hasil pengujian dari penekanan tombol suhu turun diperlihatkan pada Tabel 10.

**Tabel 10** Hasil pengujian program pada saat tombol suhu turun ditekan

Output Port B	Keadaan Sistem
Port B.4 = 1	Tombol suhu naik aktif
Port B.7 = 1	Tombol suhu turun pada <i>remote control</i> aktif
Port B.7 = 0	Tombol suhu turun pada <i>remote control</i> tidak aktif

Tampilan settingan suhu AC *remote control* pada saat tombol suhu turun di tekan, diperlihatkan pada Gambar 40.



**Gambar 40.** Tampilan settingan suhu AC *remote control* pada saat tombol suhu turun ditekan.

Penekanan tombol suhu turun hanya dapat dilakukan sebanyak 3 kali hingga mencapai settingan suhu  $24^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. Pengujian program untuk membaca keadaan tombol *off* AC.

Bagian program membaca tombol *off* AC berfungsi untuk mendeteksi apakah tombol *off* AC ditekan atau tidak. Perintah-perintah program yang berada pada bagian ini yaitu:

```
while (PIND.1==0)
{
  PORTB.1 = 1; // Tombol on/off pada remote control aktif
  Delay_ms(500);
  PORTB.1 = 0; // Tombol on/off pada remote control tidak aktif
  PORTB.4 = 0; // Output ke tombol suhu naik tidak aktif
  PORTB.5 = 0; // Output ke tombol suhu turun tidak aktif
  Delay_ms(2000);
  PORTB.0 = 0; // Suplai kelistrikan AC di-non-aktifkan
}
```

Pada saat tombol *off* AC ditekan, maka tombol *on/off* pada *remote control* akan diaktifkan guna me-*non*-aktifkan kerja AC melalui *port* B.1. Selanjutnya sistem akan me-*non*-aktifkan fungsi dari tombol suhu naik dan tombol suhu turun melalui *port* B.4 dan *port* B.5. Setelah 2 detik, sistem akan memutus suplai kelistrikan pada AC melalui *port* B.0. Apabila tombol tidak di tekan, sistem akan menuju ke program pengecekan settingan suhu AC.

Hasil pengujian dari penekanan tombol *off* AC diperlihatkan pada Tabel 11.

**Tabel 11** Hasil pengujian program pada saat tombol *off* AC ditekan

Output Port B	Keadaan Sistem
Port B.1 = 1	Tombol <i>on/off</i> pada <i>remote control</i> aktif
Port B.1 = 0	Tombol <i>on/off</i> pada <i>remote control</i> tidak aktif
Port B.4 = 0	Fungsi tombol suhu naik tidak aktif
Port B.5 = 0	Fungsi tombol suhu turun tidak aktif
Port B.0 = 0	Suplai kelistrikan AC terputus

Tampilan pada saat tombol *off* ditekan, diperlihatkan pada Gambar 41.



**Gambar 41.** Tampilan pada saat tombol *off* ditekan.

## 5. Pengujian program untuk pengecekan settingan suhu AC.

Pengujian ini dilakukan terhadap program yang berfungsi untuk mengecek penghitung tombol suhu naik dan tombol suhu turun.

Perintah-perintah program yang berada pada bagian ini yaitu:

```
if ((a==0)&&(b==3))
{
    PORTB.4 = 0;
    baca_adc();
}
```

Jika nilai  $a = 0$  (penghitung tombol suhu naik) dan nilai  $b = 3$  (penghitung tombol suhu turun), maka fungsi tombol suhu naik akan di-*non*-aktifkan karena settingan suhu AC telah mencapai batas maksimal yaitu  $27^{\circ}\text{C}$ . Program selanjutnya yaitu menuju ke bagian `baca_adc`.

Jika nilai  $a = 3$  dan nilai  $b = 0$ , maka fungsi tombol suhu turun akan di-*non*-aktifkan karena settingan suhu AC telah mencapai batas minimal yaitu  $24^{\circ}\text{C}$ . Program selanjutnya yaitu menuju ke bagian `baca_adc`.

Perintah-perintah program yang berada pada bagian ini yaitu:

```
if ((a==3)&&(b==0))
```

```

{
    PORTB.5 = 0;
    baca_adc();
}

```

Hasil pengujian program untuk pengecekan settingan suhu AC diperlihatkan pada Tabel 12.

**Tabel 12** Hasil pengujian program untuk pengecekan settingan suhu AC

Penghitung Setingan Suhu AC	Output port B	Keadaan Sistem
a = 0 dan b = 3	Port B.4 = 0	Fungsi tombol suhu naik tidak aktif
a = 3 dan b = 0	Port B.5 = 0	Fungsi tombol suhu turun tidak aktif

## 6. Pengujian program untuk membaca data sensor arus melalui ADC.

Pengujian ini dilakukan terhadap program yang berfungsi untuk membaca data ADC, kemudian membandingkannya dengan rentang nilai yang ditentukan sebagai nilai *set point* untuk; kompresor dalam keadaan *off* (517 s/d 542), kompresor dalam keadaan *on* dan penyaring udara AC masih belum kotor (583 s/d 591) dan penyaring udara AC telah kotor sehingga perlu dilakukan perawatan (apabila telah melebihi nilai *set point* 591). Perintah-perintah program untuk membaca data ADC yaitu:

```

void baca_adc()
{
    c = read_adc(0);
}

```

Setelah perintah ini dieksekusi, maka c akan berisi data pembacaan ADC melalui *port* A.0. Program selanjutnya adalah membandingkan data hasil pembacaan ADC apakah masuk pada kondisi yang mana

kompresor berada dalam keadaan *off*, di mana programnya sebagai berikut:

Apabila datanya masuk pada rentang nilai 518 s/d 548, maka sistem akan memberikan informasi kepada pengguna bahwa kompresor sedang *off* dan arus akan di set dengan 0,7. Programnya sebagai berikut:

```

if ((c>=518)&&(c<=548))
{
    tegangan_input = ((c * 4.9)/1024);
    arus = ((tegangan_input - 2.49)/0.185);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf(" KOMPRESOR OFF ");
    delay_ms(520);
    hitung_Rp();
}

```

Kemudian sistem akan meju ke bagian program `hitung_Rp`. Program `hitung_Rp` sebagai berikut:

```

void hitung_Rp()
{
    P = (223 * arus);
    i = i + P;
    Wh = (1.0/3600) * i;
    Rp = (Wh/1000) * 605;
    lcd_gotoxy(8,1);
    lcd_putsf("Rp");
    lcd_gotoxy(10,1);
    ftoa(Rp,2,data);
    lcd_puts(data);
    lcd_gotoxy(0,1);
    ftoa(Wh,2,data);
    lcd_puts(data);
    delay_ms(200);
}

```

Fungsi dari program ini adalah untuk menghitung besarnya pemakaian energi listrik AC per jam (*Watt hours*) dan besarnya rupiah yang harus dibayarkan. Kemudian sistem akan menginformasikannya kepada

pengguna melalui tampilan *LCD*. Hasil pengujiannya diperlihatkan pada Gambar 42.



**Gambar 42.** Tampilan hasil pengujian program pada saat kompresor *off*.

Apabila data *ADC* lebih besar dari rentang nilai untuk kompresor *off*, maka sistem akan menjalankan program untuk membandingkan data *ADC* tersebut dengan rentang nilai untuk kompresor *on* dan penyaring udara *AC* belum kotor.

Apabila datanya masuk pada rentang nilai 585 s/d 588, maka sistem akan memberikan informasi kepada pengguna bahwa keadaan *AC* baik dan arus akan di set dengan 1,7. Programnya sebagai berikut:

```

if ((c>=585)&&(c<=588))
{
    tegangan_input = ((c * 4.9)/1024);
    arus = ((tegangan_input - 2.5)/0.185);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("");
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("KEADAAN AC BAIK");
    delay_ms(520);
    hitung_Rp();
}

```

Kemudian sistem akan menuju ke bagian program *hitung\_Rp*. Hasil pengujiannya diperlihatkan pada Gambar 43.



**Gambar 43.** Tampilan hasil pengujian program pada saat kompresor on dan penyaring udaranya belum kotor.

Apabila data *ADC* lebih besar dari rentang nilai untuk kompresor dalam keadaan *on* dan penyaring udara *AC* masih belum kotor, maka program akan masuk pada bagian perawatan\_*AC*.

## 7. Pengujian program pada saat terindikasi bahwa *AC* perlu dilakukan perawatan.

Pengujian ini dilakukan terhadap program untuk kondisi *AC* perlu dilakukan perawatan. Programnya sebagai berikut:

```
void repaire_AC()
{
  PORTB.1 = 1;
  delay_ms(500);
  PORTB.1 = 0;
  delay_ms(1000);
  PORTB.3 = 0;
  delay_ms(2000);
  PORTB.0 = 0;
}
```

Pertama kali sistem akan meng-*off*-kan *AC* melalui *remote control* dengan perantaraan *driver relay* yang terhubung dengan port B1. Setelah 1 detik, sistem me-*non*-aktifkan fungsi dari remote control *AC* melalui *port* B3. Setelah 2 detik, sistem memutuskan suplai kelistrikan dari *AC*. Selanjutnya sistem membaca keadaan dari tombol tekan *reset* (berfungsi untuk me-*non*-aktifkan *alarm*) apakah di tekan atau tidak.

Apabila tombol *reset* tidak ditekan, maka sistem mengaktifkan alarm (*LED blink* dan *buzzer bip* dengan selang waktu 500 *ms*) melalui *port* B2 dan menampilkan informasi melalui LCD kepada pengguna bahwa AC perlu dilakukan perawatan. Programnya sebagai berikut:

```

while (PIND.0==1)
{
  PORTB.0 = 0;
  PORTB.2 = 1;
  lcd_gotoxy(0,0);
  lcd_putsf("PERHATIAN!! AC");
  lcd_gotoxy(0,1);
  lcd_putsf("HARUS DI RAWAT");
  delay_ms(500);
  PORTB.2 = 0;
  delay_ms(500);
}
PORTB.2 = 0;
menonaktifkan_sistem();
}

```

Hasil pengujian program di perlihatkan pada Gambar 44.



**Gambar 44.** Tampilan pengujian program pada saat AC perlu dilakukan perawatan.

Apabila tombol *reset* ditekan, maka sistem akan me-*reset alarm* melalui *port* B2 dan memberikan informasi melalui tampilan *LCD* kepada pengguna untuk mematikan power dari sistem. Programnya sebagai berikut:

```

void menonaktifkan_sistem()
{
  while (PIND.1==1)

```

```

    {
      lcd_clear();
      lcd_gotoxy(0,0);
      lcd_putsf(" MATIKAN ");
      lcd_gotoxy(0,1);
      lcd_putsf(" SISTEM ");
      delay_ms(200);
    }
  }

```

### C. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi listrik dari *air conditioning* dengan merek *TCL Titan Gold TAC-06CS* berkapasitas  $\frac{1}{2}$  PK pada kondisi:

1. Penyaring udara *air conditioning* masih dalam keadaan bersih pada settingan suhu 24°C, 25°C, 26°C dan 27°C.
2. Penyaring udara *air conditioning* telah kotor pada settingan suhu 24°C, 25°C, 26°C dan 27°C.

#### 1. Pengujian sistem pada kondisi penyaring udara *air conditioning* masih dalam keadaan bersih.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh *air conditioning* dalam *Watt hours* dan besarnya pembayaran dalam rupiah untuk settingan suhu *air conditioning* 24°C, 25°C, 26°C dan 27°C.

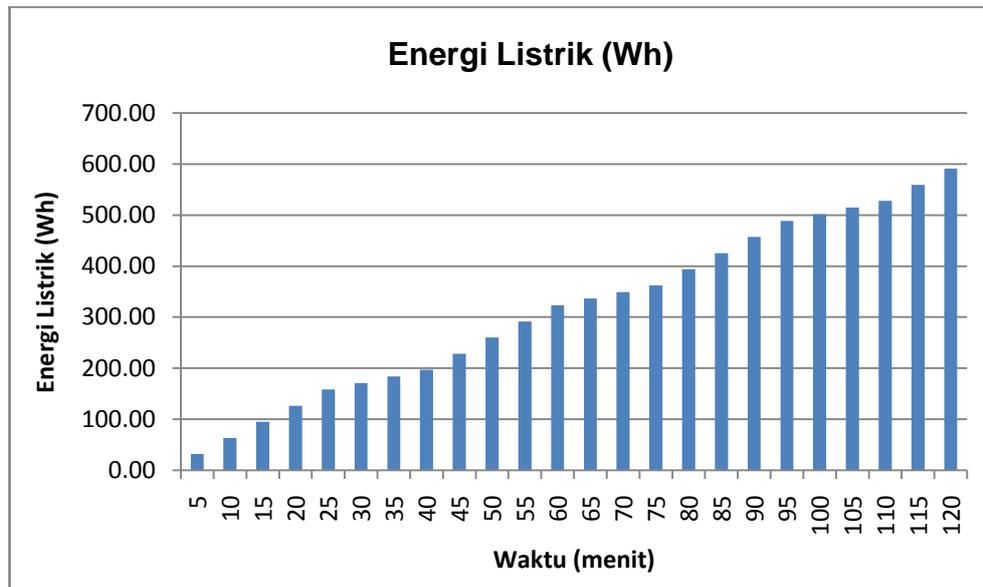
##### a. Pada settingan suhu 24°C.

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah diperlihatkan pada Tabel 13.

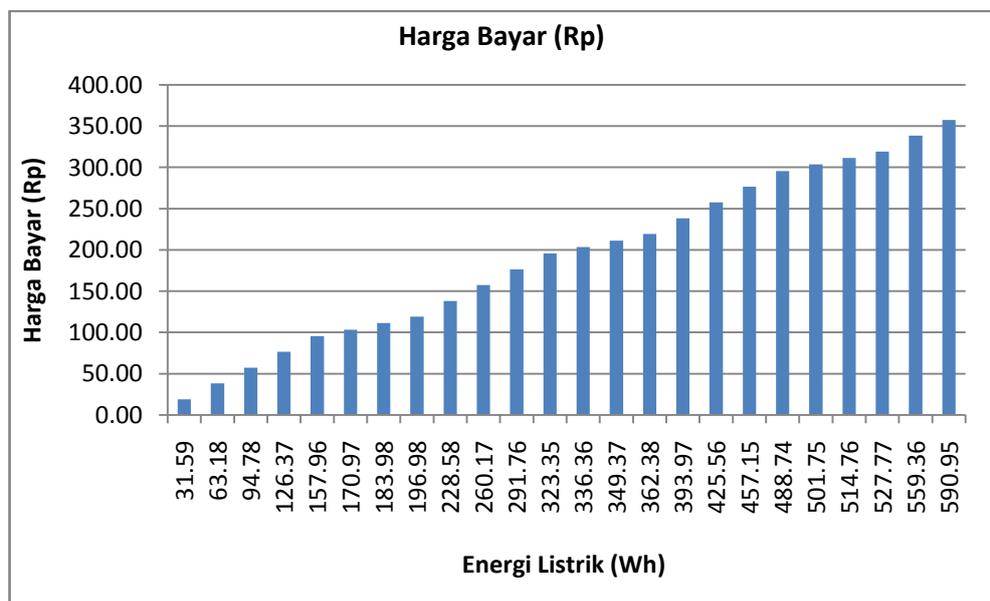
**Tabel 13** Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 24°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,77	57,33
20	126,36	76,45
25	157,95	95,56
30	170,95	103,42
35	183,96	111,30
40	196,97	119,17
45	228,58	138,29
50	260,17	157,40
55	291,96	176,51
60	223,35	195,63
65	336,36	203,50
70	349,37	211,37
75	262,38	219,24
80	393,97	238,35
85	425,56	257,46
90	457,15	276,58
95	488,74	295,69
100	501,75	303,56
105	514,76	311,43
110	527,77	319,30
115	559,36	338,41
120	590,95	357,52

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 24°C diperlihatkan pada Gambar 45 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang di konsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik diperlihatkan pada Gambar 46.



**Gambar 45.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 24°C.



**Gambar 46.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 24°C.

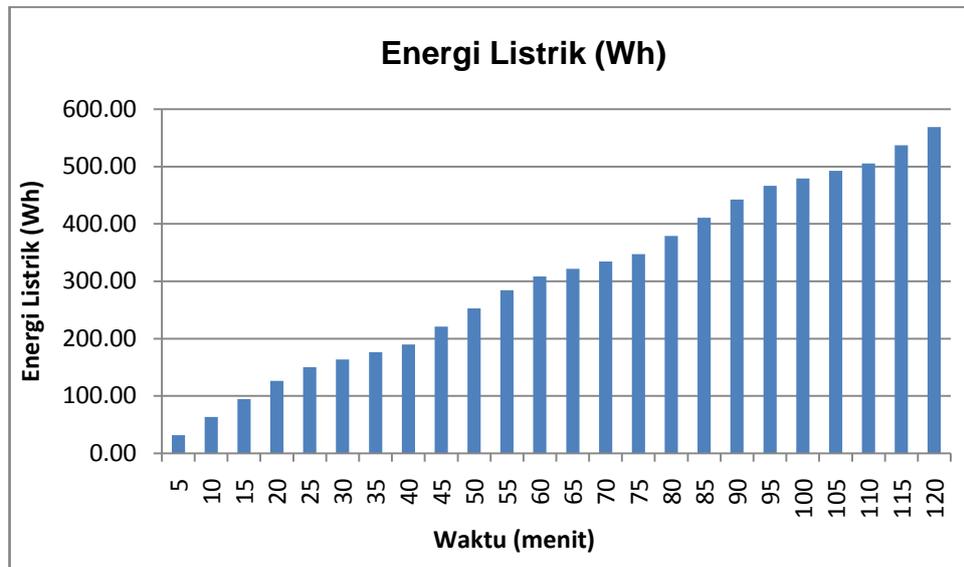
b. Pada settingan suhu 25°C.

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah diperlihatkan pada Tabel 14.

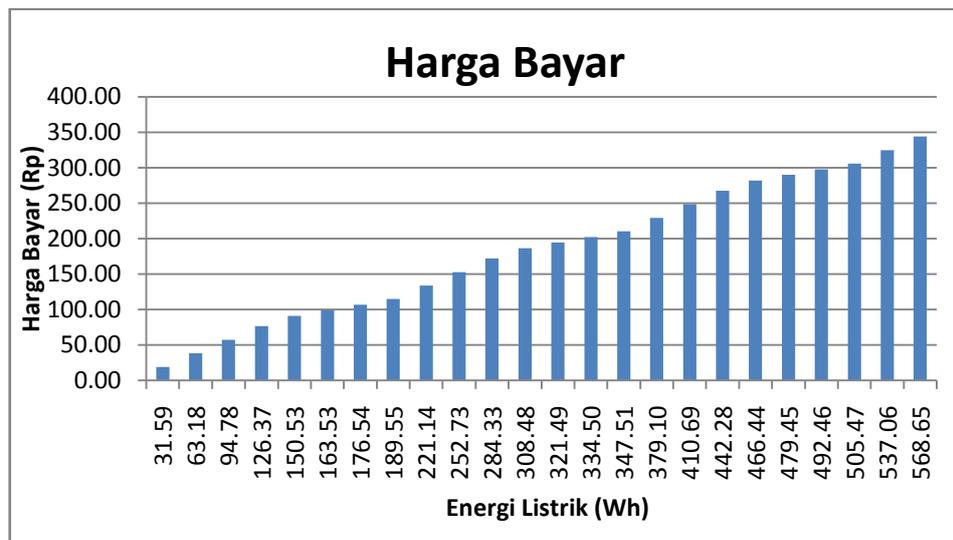
**Tabel 14** Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 25°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,77	57,33
20	126,36	76,45
25	150,53	91,07
30	163,53	98,94
35	176,54	106,81
40	189,55	114,68
45	221,14	113,79
50	252,73	152,90
55	284,33	172,02
60	308,48	186,63
65	321,49	144,50
70	334,50	202,37
75	347,51	210,24
80	379,90	229,36
85	410,69	248,47
90	442,29	267,58
95	466,44	282,20
100	479,45	290,07
105	429,46	297,94
110	505,47	305,81
115	537,06	324,92
120	568,65	344,03

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 25°C diperlihatkan pada Gambar 47 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang di konsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik diperlihatkan pada Gambar 48.



**Gambar 47.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 25°C.



**Gambar 48.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 25°C.

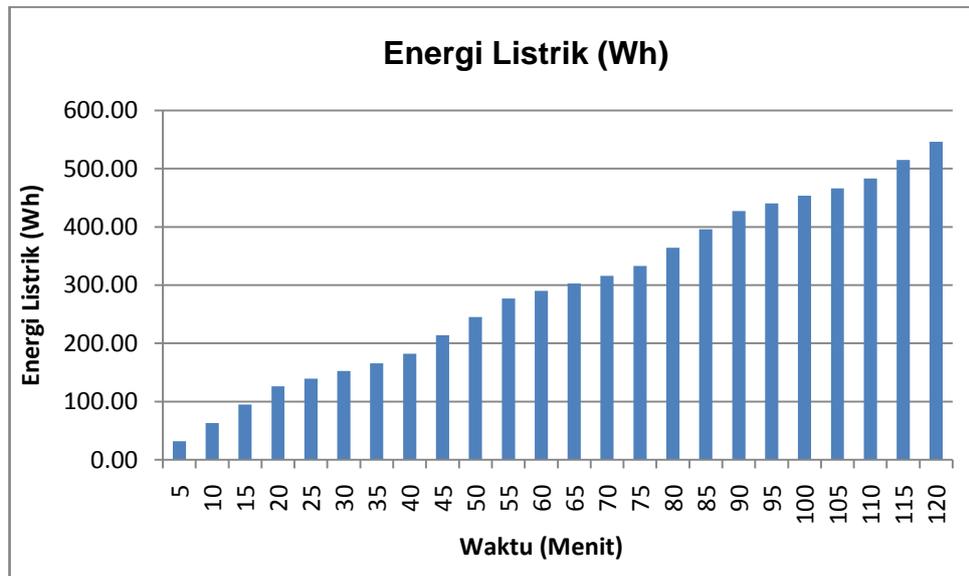
c. Pada settingan suhu 26°C.

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah diperlihatkan pada Tabel 15.

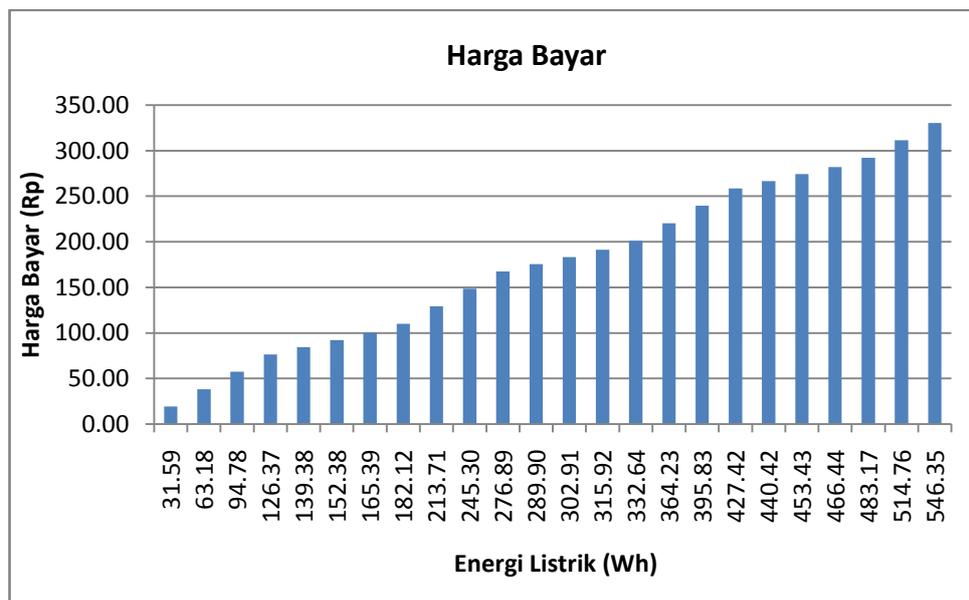
**Tabel 15** Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 26°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,77	57,33
20	126,36	76,45
25	139,38	84,32
30	152,38	92,19
35	165,39	100,06
40	182,12	110,8
45	213,71	129,29
50	245,30	148,41
55	276,89	167,52
60	289,90	175,39
65	302,91	183,26
70	315,92	191,13
75	332,64	201,25
80	364,23	220,26
85	395,83	239,47
90	427,42	258,59
95	440,43	266,48
100	453,43	274,33
105	446,64	282,20
110	483,17	292,32
115	514,76	311,43
120	546,35	330,54

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 26°C diperlihatkan pada Gambar 49 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang di konsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik diperlihatkan pada Gambar 50.



**Gambar 49.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 26°C.



**Gambar 50.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 26°C.

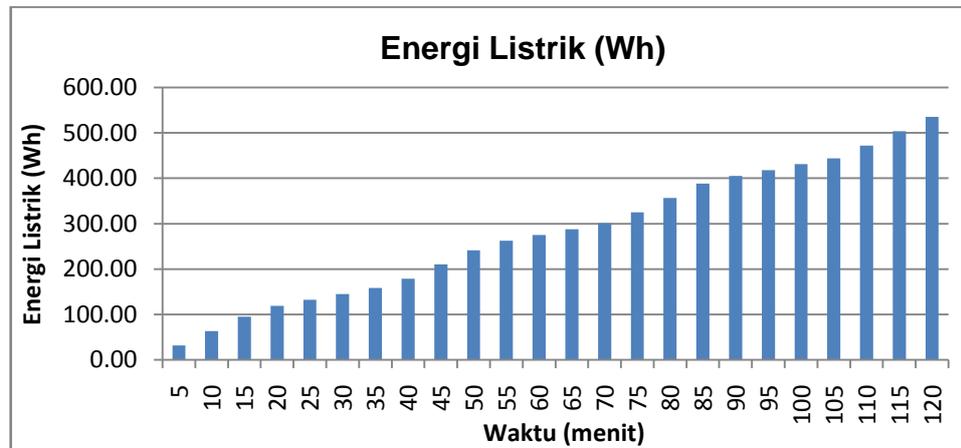
d. Pada settingan suhu 27°C.

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah diperlihatkan pada Tabel 16.

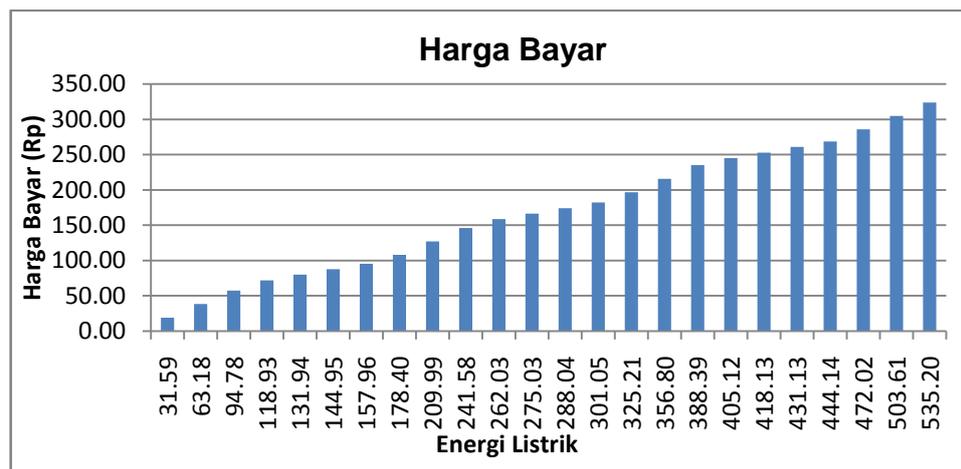
**Tabel 16** Hasil pengujian penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 27°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,77	57,33
20	118,93	71,95
25	131,94	79,82
30	144,95	87,69
35	157,96	95,56
40	178,4	107,93
45	209,99	127,03
50	241,58	146,16
55	262,03	158,53
60	257,03	166,40
65	288,04	174,27
70	301,05	182,14
75	325,21	196,75
80	356,80	215,86
85	388,39	234,29
90	405,12	245,10
95	518,13	252,17
100	431,13	260,84
105	444,14	268,71
110	472,02	285,57
115	503,61	304,68
120	535,20	323,80

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 27°C diperlihatkan pada Gambar 51 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang di konsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik diperlihatkan pada Gambar 52.



**Gambar 51.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada settingan suhu 27°C.



**Gambar 52.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC masih bersih pada suhu 27°C.

## 2. Pengujian sistem pada kondisi penyaring udara *air conditioning* dalam keadaan kotor.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh *air conditioning* dalam *Watt hours* dan besarnya pembayaran dalam rupiah untuk settingan suhu *air conditioning* 24°C, 25°C, 26°C dan 27°C.

a. Pada settingan suhu 24°C.

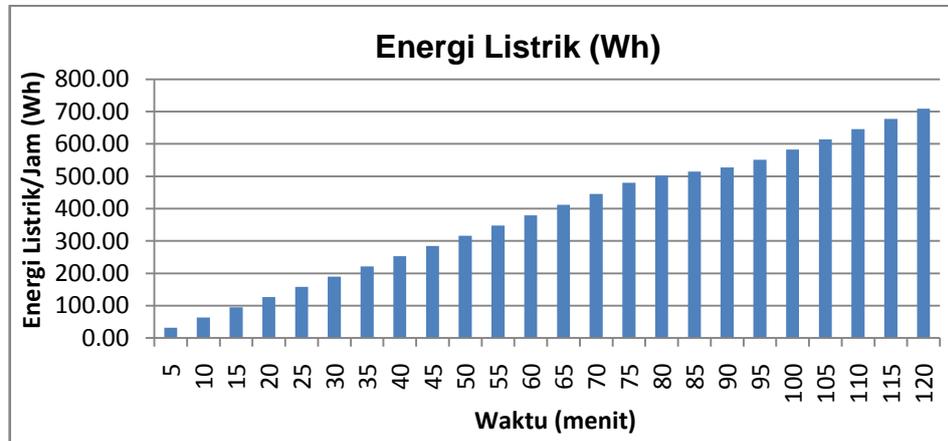
Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik/jam (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah pada settingan suhu 24°C diperlihatkan pada Tabel 17.

**Tabel 17** Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 24°C.

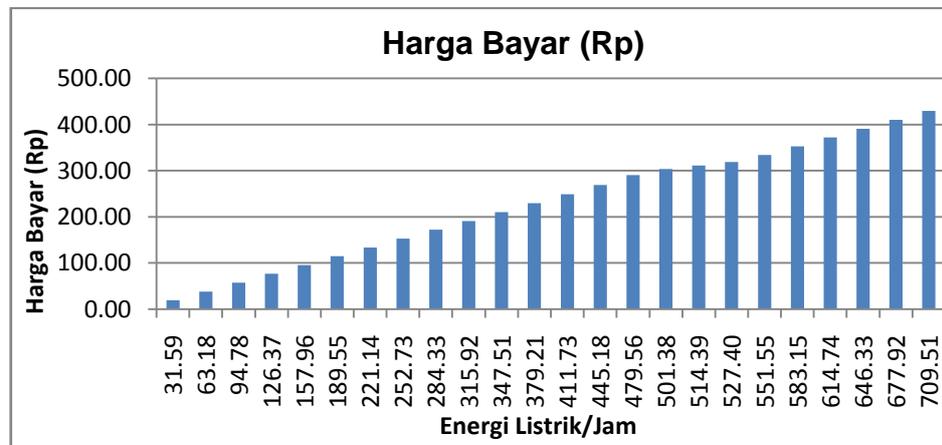
Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,77	57,33
20	126,36	76,45
25	157,96	95,56
30	189,55	114,68
35	221,14	133,79
40	252,73	152,90
45	284,33	172,02
50	315,92	191,13
55	347,51	210,24
60	379,21	229,42
65	411,73	249,10
70	445,18	269,34
75	479,56	290,13
80	501,38	303,33
85	514,39	311,20
90	527,40	319,07
95	551,55	333,69
100	583,15	352,80
105	614,74	371,92
110	646,33	391,03
115	677,92	410,14
120	709,51	429,25

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 24°C diperlihatkan pada Gambar 53 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi

listrik yang dikonsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik untuk suhu 24°C diperlihatkan pada Gambar 54.



**Gambar 53.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyangk udara AC telah kotor pada setingan suhu 24°C.



**Gambar 54.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyangk udara AC telah kotor pada suhu 24°C.

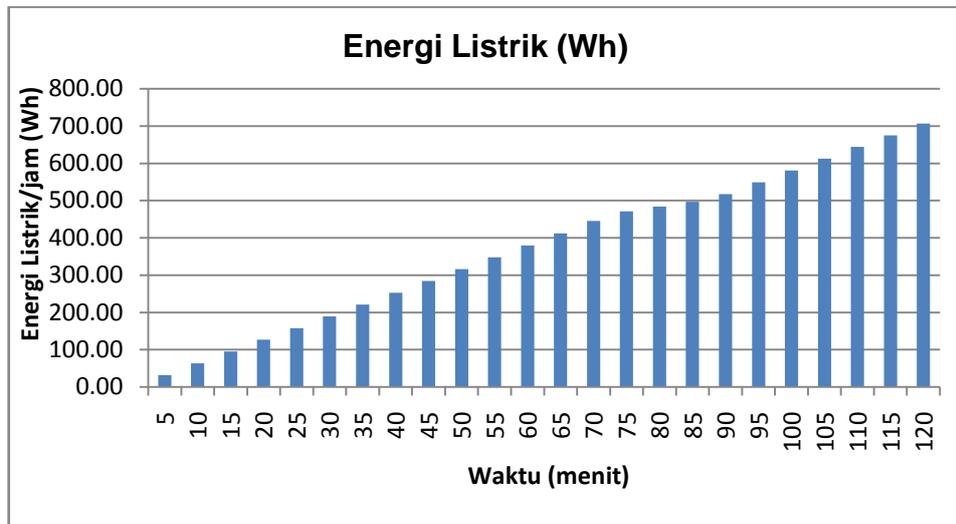
b. Pada setingan suhu 25°C.

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik/jam (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah pada setingan suhu 25°C diperlihatkan pada Tabel 18.

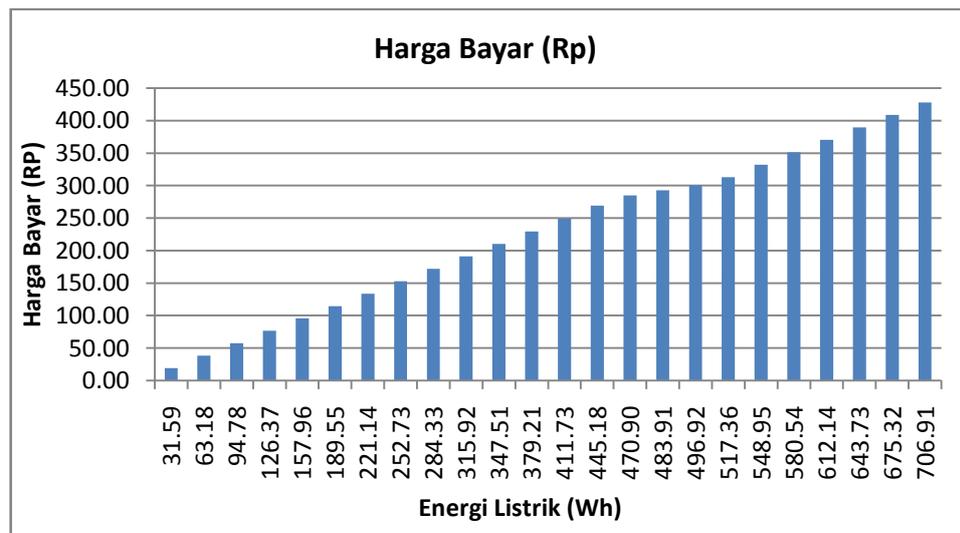
**Tabel 18** Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 25°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,78	57,33
20	126,37	76,45
25	157,96	95,56
30	189,55	114,68
35	221,14	133,79
40	252,73	152,90
45	284,33	172,02
50	315,92	191,13
55	347,51	210,24
60	379,21	229,42
65	411,73	249,10
70	445,18	269,34
75	470,90	284,90
80	483,91	292,77
85	496,92	300,64
90	517,36	313,00
95	548,95	332,12
100	580,54	351,23
105	612,14	370,34
110	643,73	389,45
115	675,32	408,57
120	706,91	427,68

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 25°C diperlihatkan pada Gambar 55 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik untuk suhu 25°C diperlihatkan pada Gambar 56.



**Gambar 55.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 25°C.



**Gambar 56.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC telah kotor pada suhu 25°C.

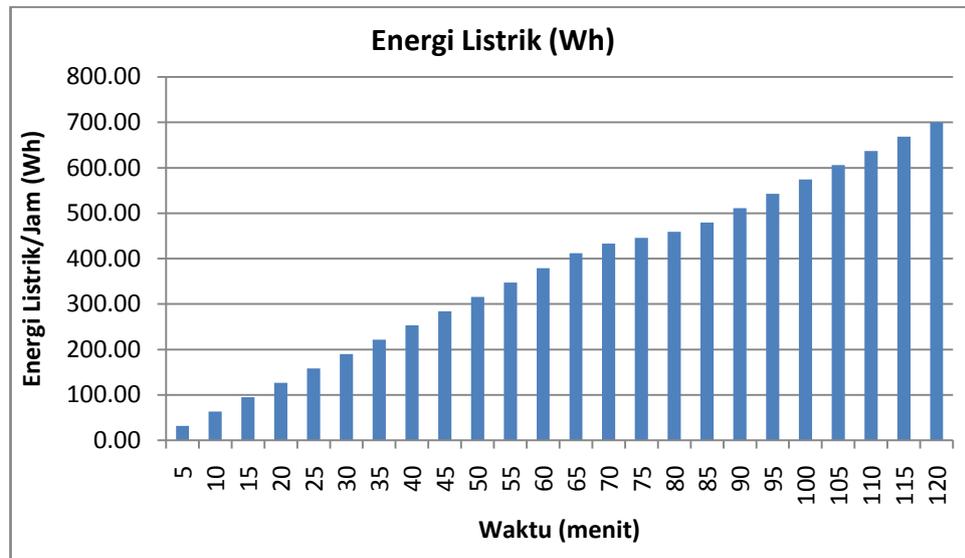
c. Pada settingan suhu 26°C.

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik/jam (*Wh*) dan jumlah pembayaran dalam rupiah pada settingan suhu 26°C diperlihatkan pada Tabel 19.

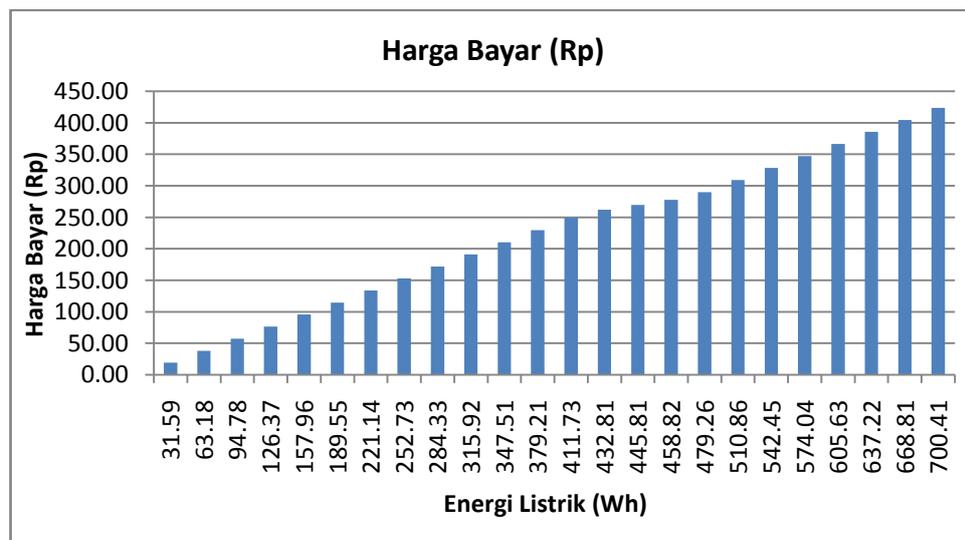
**Tabel 19** Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 26°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,78	57,33
20	126,37	76,45
25	157,96	95,56
30	189,55	114,68
35	221,14	133,79
40	252,73	152,90
45	284,33	172,02
50	315,92	191,13
55	347,51	210,24
60	379,21	229,42
65	411,73	249,10
70	432,81	261,85
75	445,81	296,72
80	458,82	277,59
85	479,26	289,95
90	510,86	309,07
95	542,45	328,18
100	574,04	347,29
105	605,63	366,41
110	637,22	385,52
115	668,81	404,63
120	700,41	423,75

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 26°C diperlihatkan pada Gambar 57 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik untuk suhu 26°C diperlihatkan pada Gambar 58.



**Gambar 57.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu  $26^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 58.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC telah kotor pada suhu  $26^{\circ}\text{C}$ .

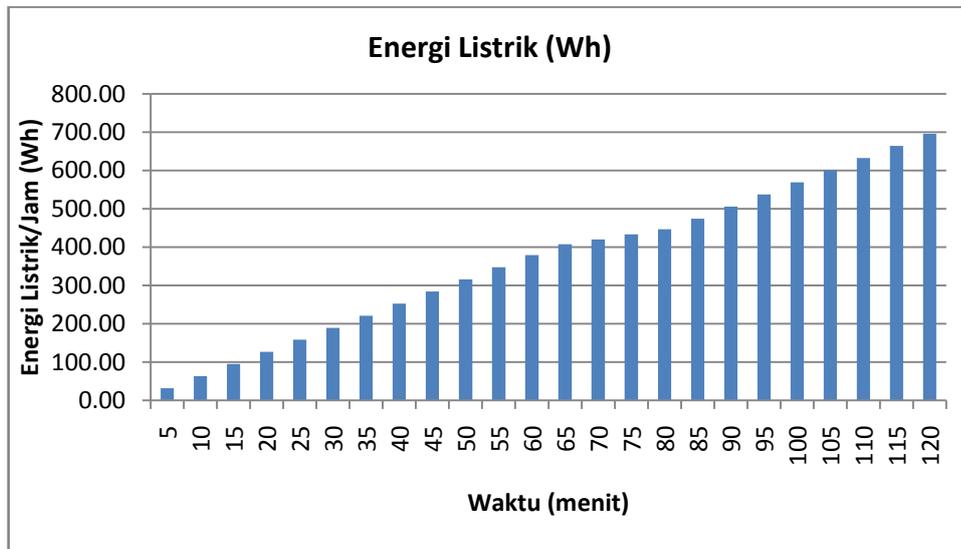
d. Pada settingan suhu  $27^{\circ}\text{C}$ .

Data hasil pengujian untuk besarnya energi listrik/jam ( $Wh$ ) dan jumlah pembayaran dalam rupiah pada settingan suhu  $27^{\circ}\text{C}$  diperlihatkan pada Tabel 20.

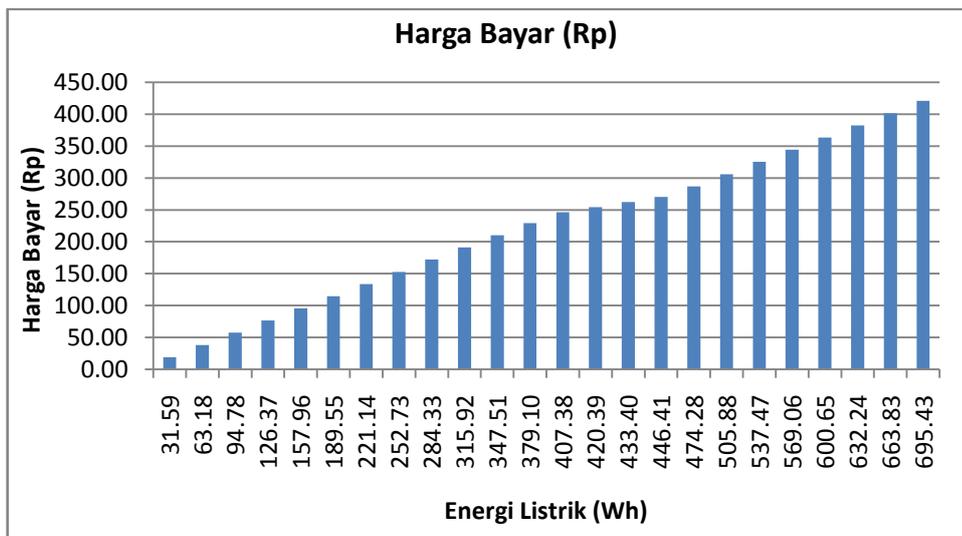
**Tabel 20** Hasil pengujian penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 27°C.

Waktu (menit)	Energi listrik/jam (Wh)	Harga bayar (Rp)
0	0	0
5	31,59	19,11
10	63,18	38,22
15	94,78	57,33
20	126,37	76,45
25	157,96	95,56
30	189,55	114,68
35	221,14	133,79
40	252,73	152,90
45	284,33	172,02
50	315,92	191,13
55	347,51	210,24
60	379,21	229,42
65	407,38	246,47
70	420,39	254,34
75	433,40	262,21
80	446,41	270,08
85	447,28	286,94
90	505,88	306,05
95	537,47	327,17
100	569,06	344,28
105	600,65	363,39
110	632,24	382,51
115	663,83	401,62
120	695,43	420,73

Grafik perbandingan antara waktu operasi *air conditioning* terhadap pemakaian energi listrik pada settingan suhu 27°C diperlihatkan pada Gambar 59 dan Grafik perbandingan antara besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh AC selama 2 jam terhadap besarnya pembayaran listrik untuk suhu 27°C diperlihatkan pada Gambar 60.

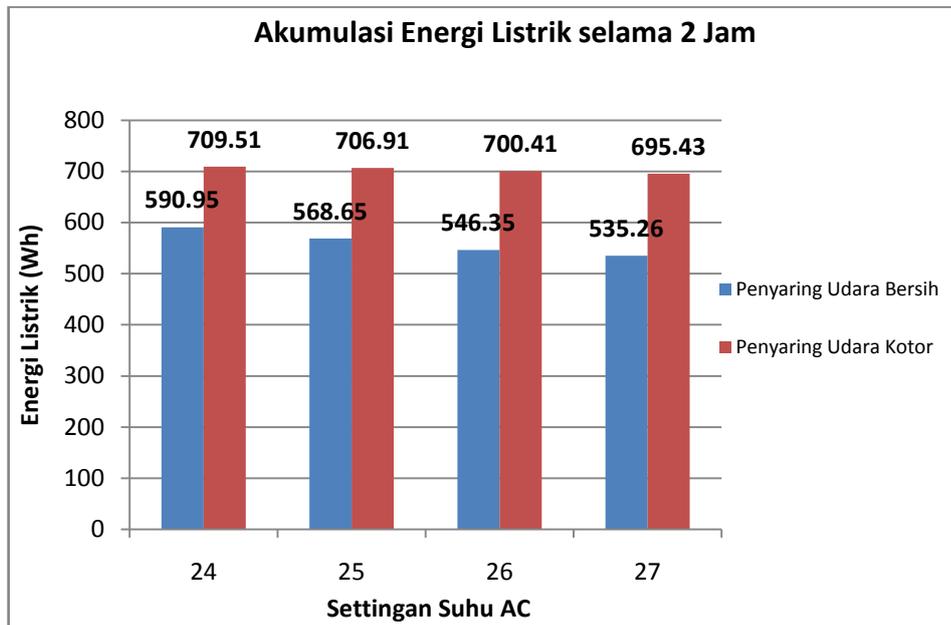


**Gambar 59.** Besarnya energi listrik dalam 2 jam untuk penyaring udara AC telah kotor pada settingan suhu 27°C.



**Gambar 60.** Besarnya pembayaran listrik selama 2 jam untuk penyaring udara AC telah kotor pada suhu 27°C

Akumulasi dari besarnya energi listrik (*Wh*) selama 2 jam pemakaian untuk keadaan AC pada saat penyaring udara masih bersih dan penyaring udara telah kotor, dengan settingan suhu 24°C, 25°C, 26°C dan 27°C diperlihatkan pada Gambar 61.



**Gambar 61.** Akumulasi energi listrik untuk kondisi penyaring udara AC.

Dari hasil yang diperoleh pada gambar 4.30, terlihat bahwa:

1. Besarnya energi listrik yang diserap oleh *air conditioning* selama 2 jam untuk kondisi penyaring udara AC masih bersih, pada settingan suhu: 24°C sebesar 590,95 Wh, 25°C sebesar 568,65 Wh, 26°C sebesar 546,35 Wh dan 27°C sebesar 535,26 Wh. Apabila AC dioperasikan selama 8 jam per hari, maka dapat ditentukan besarnya energi listrik dan harga bayar dari pemakaian AC selama: 1 hari, 1 bulan dan 1 tahun.

**Sebagai contoh:**

Pada settingan suhu 24°C energi listrik yang diserap oleh AC selama 2 jam sebesar 304,75 Wh, maka besarnya energi listrik yang diserap AC adalah:

a. Total *Wh* dalam satu hari:

$$= (590,95 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam}) / 2$$

$$= 2.363,8 \text{ Wh}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar (Rp. 605/*kWh*) selama 1 hari:

$$= (2.363,8 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 605$$

$$= \text{Rp. } 1.430,09$$

b. Total *Wh* dalam satu bulan (30 hari):

$$= 2.363,8 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$$

$$= 70.914 \text{ Wh}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar (Rp. 605/*kWh*) selama 1 bulan:

$$= (70.914 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 605$$

$$= \text{Rp. } 42.902,97$$

c. Total *Wh* dalam satu tahun (360 hari):

$$= 2.363,8 \text{ Wh} \times 360 \text{ hari}$$

$$= 850.968 \text{ Wh.}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar (Rp. 605/*kWh*) selama 1 tahun:

$$= (850.968 \text{ Wh} / 1000) \times \text{Rp. } 605$$

$$= \text{Rp. } 514.835,64$$

Hasil perhitungan besarnya energi listrik dan harga bayar dari pemakaian AC selama: 1 hari, 1 bulan dan 1 tahun untuk setingan suhu 25°C, 26°C dan 27°C dapat dilihat pada Tabel 21.

**Tabel 21** Hasil perhitungan besarnya energi listrik dan harga bayar dari pemakaian AC saat penyaring udara bersih.

Setingan suhu AC (°C)	Besarnya Energi Listrik (Wh)			Harga Bayar (Rp)		
	1 Hari	1 Bulan	1 Tahun	1 Hari	1 Bulan	1 Tahun
24	2.363,8	70.914	850.968	1.430,1	42.902,97	514.835,64
25	2.274,6	68.238	818.856	1.376,13	41.283,99	495.407,88
26	2.185,4	65.562	786.744	1.322,17	39.665,01	475.980,12
27	2.141,04	64.231	770.774,4	1.295,33	38.859,87	466.318,51

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 21, menunjukkan bahwa harga pembayaran terendah untuk pemakaian AC berada pada setingan suhu 27°C. Berdasarkan data tersebut, maka pengguna AC sebaiknya menyetting suhu pada 27°C.

2. Besarnya energi listrik yang diserap oleh *air conditioning* selama 2 jam untuk kondisi penyaring udara AC kotor terlihat bahwa pada setingan suhu AC: 24°C sebesar 709,51 Wh, 25°C sebesar 706,91 Wh, 26°C sebesar 700,41 Wh dan 27°C sebesar 695,43 Wh. Apabila AC dioperasikan selama 8 jam per hari, maka dapat ditentukan besarnya energi listrik dan harga bayar dari pemakaian AC selama: 1 hari, 1 bulan dan 1 tahun.

**Sebagai contoh:**

Pada setingan suhu 24°C energy listrik yang diserap oleh AC selama 2 jam sebesar 709,51 Wh, maka besarnya energi listrik yang di serap AC adalah:

a. Total *Wh* dalam satu hari:

$$= (709,51 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam})/2$$

$$= 2.838,04 \text{ Wh}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar (Rp. 605/*kWh*) selama 1 hari:

$$= (2.838,04 \text{ Wh}/1000) \times \text{Rp. } 605$$

$$= \text{Rp. } 1.717,01$$

b. Total *Wh* dalam satu bulan (30 hari):

$$= 2.838,04 \text{ Wh} \times 30 \text{ hari}$$

$$= 85.141,2 \text{ Wh}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar (Rp. 605/*kWh*) selama 1 bulan:

$$= (85.141,2 \text{ Wh}/1000) \times \text{Rp. } 605$$

$$= \text{Rp. } 51.510,426$$

c. Total *Wh* dalam satu tahun (360 hari):

$$= 2.838,04 \text{ Wh} \times 360 \text{ hari}$$

$$= 1.021.694,4 \text{ Wh}$$

Besarnya biaya listrik yang harus dibayar (Rp. 605/*kWh*) selama 1 tahun:

$$= (1.021.694,4 \text{ Wh}/1000) \times \text{Rp. } 605$$

$$= \text{Rp. } 618.125,11$$

Hasil perhitungan besarnya energi listrik dan harga bayar dari pemakaian AC untuk penyaring udaranya dalam keadaan kotor

selama: 1 hari, 1 bulan dan 1 tahun untuk settingan suhu 25°C, 26°C dan 27°C dapat dilihat pada Tabel 22.

**Tabel 22** Hasil perhitungan besarnya energi listrik dan harga bayar pemakaian AC saat penyaring udara kotor.

Settingan suhu AC (°C)	Besarnya Energi Listrik (Wh)			Harga Bayar (Rp)		
	1 Hari	1 Bulan	1 Tahun	1 Hari	1 Bulan	1 Tahun
24	2.838,04	85.141,2	1.021.694,4	1.717,01	51.510,42	618.125,11
25	2.827,64	84.829,2	1.017.950,4	1.710,72	51.321,66	615.859,99
26	2.801,64	84.049,2	1.008.590,4	1.694,99	50.849,72	610.197,19
27	2.781,72	83.451,6	1.001.419,2	1.682,94	50.488,22	605.858,62

Dari hasil pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa pada saat penyaring udara AC telah kotor, konsumsi energi listrik AC tersebut akan meningkat dikarenakan waktu operasi dari kompresor yang lebih lama dibandingkan dengan keadaan normal (pada saat penyaring udaranya masih bersih). Misalkan pada saat penyaring udara AC masih bersih untuk mencapai settingan suhu 24°C, kompresor akan beroperasi selama 25 menit dengan mengkonsumsi arus sebesar 1,7 *Ampere*, sedangkan untuk penyaring udara telah kotor, waktu operasi kompresor selama 78 menit dengan peningkatan arus sebesar 0,19 *Ampere*. Selisih antara konsumsi energi listrik pada saat penyaring udara AC masih bersih dan pada saat penyaring udara AC telah kotor adalah sebagai berikut:

- Untuk suhu 24°C, pada saat penyaring udaranya bersih konsumsi energi listrik selama 2 jam sebesar 590,95 *Wh*. Sedangkan konsumsi energi listrik pada saat penyaring udara telah kotor sebesar 709,51 *Wh*. Maka selisihnya:

$$= 709,51 \text{ Wh} - 590,95 \text{ Wh}$$

$$= 118.56 \text{ Wh}$$

Hal ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik sebesar 118.56 Wh. Apabila AC beroperasi selama 8 jam sehari, dan keadaan ini berlangsung selama 1 bulan, maka pemborosan energi listrik:

$$= ((118.56 \text{ Wh} \times 8) / 2) \times 30 \text{ hari}$$

$$= 14.227,2 \text{ Wh.}$$

Jadi selama 1 bulan terjadi pemborosan energi listrik sebesar 14.227,2 Wh.

- b. Untuk suhu 25°C, pada saat penyaring udaranya bersih konsumsi energi listrik selama 2 jam sebesar 568,65 Wh. Sedangkan konsumsi energi listrik pada saat penyaring udara telah kotor sebesar 706,91 Wh. Maka selisihnya:

$$= 706,91 \text{ Wh} - 568,65 \text{ Wh}$$

$$= 138,26 \text{ Wh}$$

Hal ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik sebesar 138,26 Wh. Apabila AC beroperasi selama 8 jam sehari, dan keadaan ini berlangsung selama 1 bulan, maka pemborosan energi listrik:

$$= ((138,26 \text{ Wh} \times 8) / 2) \times 30 \text{ hari}$$

$$= 16.591,2 \text{ Wh.}$$

Jadi selama 1 bulan terjadi pemborosan energi listrik sebesar 16.591,2 Wh.

- c. Untuk suhu 26°C, pada saat penyaring udaranya bersih konsumsi energi listrik selama 2 jam sebesar 546,35 Wh. Sedangkan konsumsi

energi listrik pada saat penyaring udara telah kotor sebesar 700,41 *Wh*. Maka selisihnya:

$$= 700,41 \text{ Wh} - 546,35 \text{ Wh}$$

$$= 154,06 \text{ Wh}$$

Hal ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik sebesar 154,06 *Wh*. Apabila AC beroperasi selama 8 jam sehari, dan keadaan ini berlangsung selama 1 bulan, maka pemborosan energi listrik:

$$= ((154,06 \text{ Wh} \times 8) / 2) \times 30 \text{ hari}$$

$$= 18.487,2 \text{ Wh.}$$

Jadi selama 1 bulan terjadi pemborosan energi listrik sebesar 18.487,2 *Wh*.

- d. Untuk suhu 27°C, pada saat penyaring udaranya bersih konsumsi energi listrik selama 2 jam sebesar 535,26 *Wh*. Sedangkan konsumsi energi listrik pada saat penyaring udara telah kotor sebesar 695,43 *Wh*. Maka selisihnya:

$$= 695,43 \text{ Wh} - 535,26 \text{ Wh}$$

$$= 160,17 \text{ Wh}$$

Hal ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik sebesar 160,17 *Wh*. Apabila AC beroperasi selama 8 jam sehari, dan keadaan ini berlangsung selama 1 bulan, maka pemborosan energi listrik:

$$= ((160,17 \text{ Wh} \times 8) / 2) \times 30 \text{ hari}$$

$$= 19.220,4 \text{ Wh.}$$

Jadi selama 1 bulan terjadi pemborosan energi listrik sebesar 19.220,4 Wh.

Dengan alat yang dibuat, pemborosan energi listrik yang disebabkan penyaring udara AC telah kotor dapat diminimalis, karena pada saat arus kompresor naik (akibat lamanya kompresor beroperasi) sebesar 1,75 Ampere maka sistem akan menonaktifkan kerja AC. Sistem juga akan memberikan informasi melalui tampilan LCD bahwa AC perlu dilakukan perawatan serta indikator LED akan *blink* dan *buzzer* akan berbunyi.

Penghematan energi listrik pada saat menggunakan alat yang dibuat:

- a. Untuk suhu 24°C

Energi listrik yang diperoleh pada saat sistem menonaktifkan kerja AC sebesar 398,61 Wh pada menit ke 63, sedangkan pada suhu yang sama untuk penyaring udara AC kotor energi listrik yang diperoleh pada saat kompresor menjadi tidak aktif (setelah settingan suhu tercapai) sebesar 498,18 Wh pada menit ke 78.

Penghematan energi listriknya sebesar:

$$= 498,18 \text{ Wh} - 398,61 \text{ Wh}$$

$$= 99,57 \text{ Wh}$$

- b. Untuk suhu 25°C

Energi listrik yang diperoleh pada saat sistem menonaktifkan kerja AC sebesar 398,61 Wh pada menit ke 63, sedangkan pada suhu yang sama untuk penyaring udara AC kotor energi listrik yang diperoleh

pada saat kompresor menjadi tidak aktif (setelah settingan suhu tercapai) sebesar 468,30 Wh pada menit ke 74.

Penghematan energi listriknya sebesar:

$$= 468,30 \text{ Wh} - 398,61 \text{ Wh}$$

$$= 69,69 \text{ Wh}$$

c. Untuk suhu 26°C

Energi listrik yang diperoleh pada saat sistem menonaktifkan kerja AC sebesar 398,61 Wh pada menit ke 63, sedangkan pada suhu yang sama untuk penyaring udara AC kotor energi listrik yang diperoleh pada saat kompresor menjadi tidak aktif (setelah settingan suhu tercapai) sebesar 427,60 Wh pada menit ke 67.

Penghematan energi listriknya sebesar:

$$= 427,60 \text{ Wh} - 398,61 \text{ Wh}$$

$$= 28,99 \text{ Wh}$$

d. Untuk suhu 27°C

Energi listrik yang diperoleh pada saat sistem menonaktifkan kerja AC sebesar 398,61 Wh pada menit ke 63, sedangkan pada suhu yang sama untuk penyaring udara AC kotor energi listrik yang diperoleh pada saat kompresor menjadi tidak aktif (setelah settingan suhu tercapai) sebesar 407,38 Wh pada menit ke 65.

Penghematan energi listriknya sebesar:

$$= 407,38 \text{ Wh} - 398,61 \text{ Wh}$$

$$= 8,77 \text{ Wh}$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, untuk penghematan energi listrik sebaiknya pengguna AC mengatur settingan suhu AC pada 27°C.

Dengan menggunakan sistem yang dibuat, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mendeteksi bahwa penyaring udara telah kotor adalah selama 27 hari pemakaian, dengan waktu operasi AC per hari 5 jam. Jika pada ruangan yang sama digunakan AC sharp Sayonara Panas V dengan kapasitas yang sama yaitu sebesar ½ PK, dengan waktu operasi AC selama 5 jam, maka waktu yang dibutuhkan AC untuk memberikan informasi kepada pengguna bahwa penyaring udara telah kotor adalah selama 40 hari. Dari hasil yang diperoleh, maka terdapat selisih selama 13 hari antara sistem yang dibuat dengan AC Sharp. Dari hasil tersebut dapat diketahui besarnya penghematan energi listrik.

**Sebagai contoh:**

Untuk suhu 24°C pada saat penyaring udara kotor dengan konsumsi energi listrik selama 2 jam sebesar 709,51 Wh, besarnya energi listrik selama 13 hari dengan waktu operasi AC selama 5 jam adalah:

$$= ((709,51 \text{ Wh} \times 5 \text{ jam}) / 2) \times 13 \text{ hari}$$

$$= 23.059 \text{ Wh}$$

Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa dengan menggunakan sistem ini dapat menghemat pemakaian energi listrik sebesar 23.059 Wh.

## D. Diskusi

Adapun hal-hal yang perlu didiskusikan sehubungan dengan penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Memodifikasi desain sistem untuk diaplikasikan pada merek AC yang sama dengan kapasitas daya yang berbeda.

Sistem yang dibuat dapat diaplikasikan pada semua AC merek TCL, dengan cara memodifikasi bagian perangkat lunaknya. Seperti contoh untuk aplikasi sistem pada AC berdaya 1 PK, pertama-tama yang harus diketahui adalah besarnya data ADC yang masuk melalui sensor arus ACS712 pada saat kompresor tidak aktif dan pada saat kompresor aktif. Setelah data ADC diketahui, langkah selanjutnya mengganti nilai set point untuk rentang nilai pada saat kompresor tidak aktif dan rentang nilai untuk kompresor aktif. Data *set point* tersebut dijadikan data referensi untuk keadaan kompresor aktif dan kompresor tidak aktif. Bagian programnya sebagai berikut:

```
void baca_adc()
{
  c = read_adc(0);
  if ((c>=518)&&(c<=548))
  {
    tegangan_input = ((c * 4.9)/1024);
    arus = ((tegangan_input - 2.49)/0.185);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf(" KOMPRESOR OFF ");
    delay_ms(520);
    hitung_Rp();
  }
  if ((c>=585)&&(c<=588))
  {
    tegangan_input = ((c * 4.9)/1024);
    arus = ((tegangan_input - 2.49)/0.185);
```

Bagian program yang dimodifikasi untuk kompresor tidak aktif

Bagian program yang dimodifikasi untuk kompresor aktif

```

    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("");
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("KEADAAN AC BAIK");
    delay_ms(520);
    hitung_Rp();
}

```

**Seperti contoh:**

Apabila sistem ini diaplikasikan pada *AC TCL* dengan kapasitas 1 PK, dimana diketahui bahwa besarnya konsumsi arus pada saat kompresor AC tidak aktif adalah sebesar 0,9 *Ampere*, besarnya konsumsi arus saat kompresor aktif adalah sebesar 3,7 *Ampere* dan besarnya konsumsi arus pada saat penyaring udara AC terindikasi telah kotor adalah sebesar 3,811 *Ampere*, maka:

- a. Untuk kompresor AC tidak aktif dengan konsumsi arus sebesar 0,9 *Ampere*.

Besarnya tegangan *output* dari sensor arus:

$$\begin{aligned}
 &= 2,49 + (0,185 \times 0,9) \\
 &= 2,6565 \text{ Volt.}
 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan keluaran setelah melewati rangkaian pembagi tegangan:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1k\Omega}{1k\Omega+1k\Omega} \times 2,6565 \text{ Volt} \\
 &= 1,323825 \text{ Volt.}
 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan keluaran setelah melewati rangkaian penguat:

$$\begin{aligned}
 &= \left( - \frac{2k\Omega}{1k\Omega} \times 1,323825 \text{ Volt} \right) \times \left( - \frac{1k\Omega}{1k\Omega} \right) \\
 &= 2,6565 \text{ Volt.}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya tegangan *input ADC* (tegangan setelah melewati rangkaian penguat), maka data *ADC* dapat ditentukan dengan:

$$\begin{aligned} \text{Data } ADC &= \frac{v_{in} \times 1024}{v_{Ref}} \\ &= \frac{2,6565 \times 1024}{4,9} \\ &= 555,154 \end{aligned}$$

Setelah data *ADC* diketahui, data *ADC* tersebut dimasukkan ke bagian program untuk pengecekan kompresor tidak aktif dan mengganti data 548 dengan data 556 (data 555,154 dibulatkan ke atas sehingga menjadi 556). Bagian programnya menjadi:

```
if ((c>=518)&&(c<=556))
```

- b. Untuk kompresor *AC* tidak aktif dengan konsumsi arus sebesar 3,7 *Ampere*.

Besarnya tegangan *output* dari sensor arus:

$$\begin{aligned} &= 2,49 + (0,185 \times 3,7) \\ &= 3,1745 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan keluaran setelah melewati rangkaian pembagi tegangan:

$$\begin{aligned} &= \frac{1k\Omega}{1k\Omega+1k\Omega} \times 3,1745 \text{ Volt} \\ &= 1,58725 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan keluaran setelah melewati rangkaian penguat:

$$= \left( -\frac{2k\Omega}{1k\Omega} \times 1,58725 \text{ Volt} \right) \times \left( -\frac{1k\Omega}{1k\Omega} \right)$$

$$= 3,1745 \text{ Volt.}$$

Setelah diketahui besarnya tegangan *input ADC* (tegangan setelah melewati rangkaian penguat), maka data *ADC* dapat ditentukan dengan:

$$\begin{aligned} \text{Data ADC} &= \frac{v_{in} \times 1024}{v_{Ref}} \\ &= \frac{3,1745 \times 1024}{4,9} \\ &= 663,4057 \end{aligned}$$

Setelah data *ADC* diketahui, data *ADC* tersebut dimasukkan ke bagian program untuk pengecekan kompresor aktif dan mengganti data 585 dengan data 664 (data 663,4057 dibulatkan ke atas sehingga menjadi 664). Bagian programnya menjadi:

```
if ((c>=664)&&(c<=556))
```

- c. Untuk kompresor *AC* aktif pada saat penyaring udara terindikasi telah kotor dengan konsumsi arus sebesar 3,811 *Ampere*.

Besarnya tegangan *output* dari sensor arus:

$$\begin{aligned} &= 2,49 + (0,185 \times 3,811) \\ &= 3,195035 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan keluaran setelah melewati rangkaian pembagi tegangan:

$$\begin{aligned} &= \frac{1k\Omega}{1k\Omega+1k\Omega} \times 3,195035 \text{ Volt} \\ &= 1,5975175 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Besarnya tegangan keluaran setelah melewati rangkaian penguat:

$$\begin{aligned}
 &= \left( -\frac{2k\Omega}{1k\Omega} \times 1,5975175 \text{ Volt} \right) \times \left( -\frac{1k\Omega}{1k\Omega} \right) \\
 &= 3,195035 \text{ Volt.}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya tegangan *input ADC* (tegangan setelah melewati rangkaian penguat), maka data *ADC* dapat ditentukan dengan:

$$\begin{aligned}
 \text{Data } ADC &= \frac{v_{in} \times 1024}{v_{Ref}} \\
 &= \frac{3,195035 \times 1024}{4,9} \\
 &= 667,697
 \end{aligned}$$

Setelah data *ADC* diketahui, data *ADC* tersebut dimasukan ke bagian program untuk pengecekan apakah konsumsi arus telah mencapai 3,811 *Ampere* (pada saat penyaring udara *AC* telah terindikasi kotor) dan mengganti data 588 dengan data 668 (data 667,697 dibulatkan ke atas sehingga menjadi 668). Bagian programnya menjadi:

```
if ((c>=664)&&(c<=668))
```

2. Modifikasi sistem untuk diaplikasikan pada merek *AC* yang berbeda.

Sistem yang dibuat dapat juga diaplikasikan pada merek *AC* yang lain. Modifikasi yang dilakukan pada sistem yaitu pada bagian perangkat keras dan perangkat lunaknya. Pada bagian perangkat keras, modifikasi sistem dilakukan dengan cara mengganti *remote control* yang terpasang dengan *remote control* yang sesuai dengan merek *AC* yang akan digunakan. Apabila besarnya arus yang dikonsumsi *AC* pada saat kompresor tidak aktif dan kompresor aktif sama dengan

besarnya arus AC yang digunakan dalam penelitian ini, maka pada bagian perangkat lunaknya tidak perlu dimodifikasi. Apabila data arusnya berbeda, modifikasi pada perangkat lunak dilakukan seperti pada bagian pertama.

3. *Future study* sehubungan dengan Tantangan untuk meminimalisasi model sistem.

Kedepan, tantangannya yaitu bagaimana meminimalisasi model sistem dengan cara mengintegrasikan langsung pada peralatan AC dengan memanfaatkan ruang yang berada pada AC tersebut. Cara meminimalisasi dapat dilakukan dengan mengganti semua komponen elektronik yang berada pada sistem dengan komponen-komponen yang berukuran nano. Pada saat ini telah banyak rangkaian-rangkaian elektronik hasil pabrikasi telah menggunakan komponen-komponen yang berukuran nano seperti: transistor, resistor dan *capacitor*.

4. Rugi-rugi energi listrik terhadap penghematan energi dari sistem yang dibuat.

Rugi-rugi energi listrik dapat diakibatkan oleh disipasi daya dari transformator yang digunakan pada sistem. Pada sistem yang dibuat disipasi daya trafo tidak mempengaruhi konsumsi energi listrik. Hal ini disebabkan karena sistem yang dibuat terletak di dalam ruangan sehingga udara dingin yang dihasilkan AC akan membantu proses pendinginan trafo.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Simpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Sistem kendali dan monitoring yang dibuat mampu menampilkan informasi sehubungan dengan kondisi penyaring udara AC. Pada saat penyaring udara AC terindikasi bersih, dengan mengkonsumsi arus normal sebesar 1,7 *Ampere*, maka sistem akan menginformasikan kepada pengguna bahwa AC masih berada dalam keadaan baik. Apabila penyaring udara AC terindikasi kotor, maka waktu operasi kompresor akan bertambah, dan menyebabkan konsumsi arus akan meningkat. Pada saat sistem mendeteksi peningkatan arus telah mencapai 1,75 ampere, maka sistem akan menginformasikan kepada pengguna bahwa AC perlu dilakukan perawatan,
2. Sistem kendali dan monitoring dapat menampilkan informasi sehubungan dengan pemakaian energi listrik *air conditioning* dan besarnya rupiah yang harus dibayar pada settingan suhu 24°C sampai dengan 27°C. Dari hasil pengujian selama 2 jam operasi AC didapat bahwa pada saat

penyaring udara AC telah kotor, besarnya energi listrik yang diperoleh pada saat kompresor menjadi tidak aktif (setelah settingan suhu tercapai) sebesar: 498,18 Wh pada settingan suhu 24°C, 468,30 Wh pada settingan suhu 25°C, 427,60 Wh, pada settingan suhu 26°C dan 407,48 Wh pada settingan suhu 27°C. Dengan menggunakan alat yang dibuat, didapat bahwa pada saat penyaring udara AC telah kotor, besarnya energi listrik yang diperoleh saat sistem me-*non*-aktifkan kerja AC sebesar 398,61Wh. Ternyata dengan menggunakan alat yang dibuat, didapat penghematan energi listrik sebesar: 99,57 Wh pada settingan suhu 24°C, 69,69 Wh pada settingan suhu 25°C, 28,99 Wh pada settingan suhu 26°C dan 8,77 Wh pada settingan suhu 27°C. Untuk menghemat pemakaian energi listrik, sebaiknya settingan suhu AC diatur pada 27°C.

3. Sistem yang dibuat dapat membatasi pengaturan settingan suhu *air conditioning* pada kisaran 24°C sampai dengan 27°C.
4. Sistem yang dibuat dapat menonaktifkan kerja AC dan memberikan informasi berupa alarm pada saat penyaring udara AC terindikasi kotor.

## **B. Saran-Saran**

Sistem yang dibuat memanfaatkan perubahan arus yang diasup oleh AC sebagai indikator yang menandakan bahwa penyaring udara AC masih dalam keadaan bersih ataukah telah kotor guna penghematan energi listrik. sehingga disarankan pada penelitian-penelitian selanjutnya dapat mencari

alternatif-alternatif lainnya sehubungan dengan kerja AC dalam hal penghematan energi listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allegro mikrosistem.inc. *Datasheet ACS712*.
- Booch,G. Rumbaugh, J. Jacobson,I. (1999). *The Unified Modeling Language - User Guide*. Addison Wesley.
- Bishop, Owen. 2004. *Dasar-dasar Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- CodeVisionAVR V1.25.7 “ User Manual “ Pavel Haiduc and HP Invo TechS.R.L, 2007.
- Chiou. C.B., Chu C.M., Chu, C.M., dan Lin, S.L. (2008). *The study of energisaving strategy for direct expansion air conditioning sistem*, Energi and Buildings 40. 1660–1665.
- Didik Wiyono “Panduan praktismikrokontroler keluarga AVR menggunakan DT-Combo AVR-51 starter kit dan DT-Combo AVR exercise kit’ Inovative Electronics, Surabaya, 2007.
- HP InfoTech User manual *Code Vision AVR* version 1.25.7.
- Joni, I Made, dan Budi Raharjo. (2008). *Pemrograman C dan Implementasinya*. Bandung: Informatika.
- Lance A. Lavalenthal (1982). *Introduction to Microprocessor: Software, Hardware, Programming*, Prentice-Hall of India, New Delhi.
- Malvino, P.A., (1996). *Prinsip - Prinsip Elektronika Edisi Ketiga*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Oetomo, Budi Sutedjo Dharma (2006). *Perencanaan dan Pembangunan Sistim Informasi*, ANDI, Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI. No. 13 2012, *tentang penghematan pemakaian tenaga listrik*.
- Rahmat S, (1999). “Tutorial Hardware (PPI, microcontroller & aistem akuisisi data)” ITS, Surabaya.
- Sujadi, MT, (2005). *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler*, Cetakan Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sudirman dan Winaya, I N.S. (2010). Pengaruh Variasi Putaran Poros Kompresor Terhadap Performance Sistem, *Naskah Lengkap The National Conference on Hotel Engineering – 2010*, Denpasar 22 Juli 2010.
- Tooley, Mike. (2002). *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga. User manual

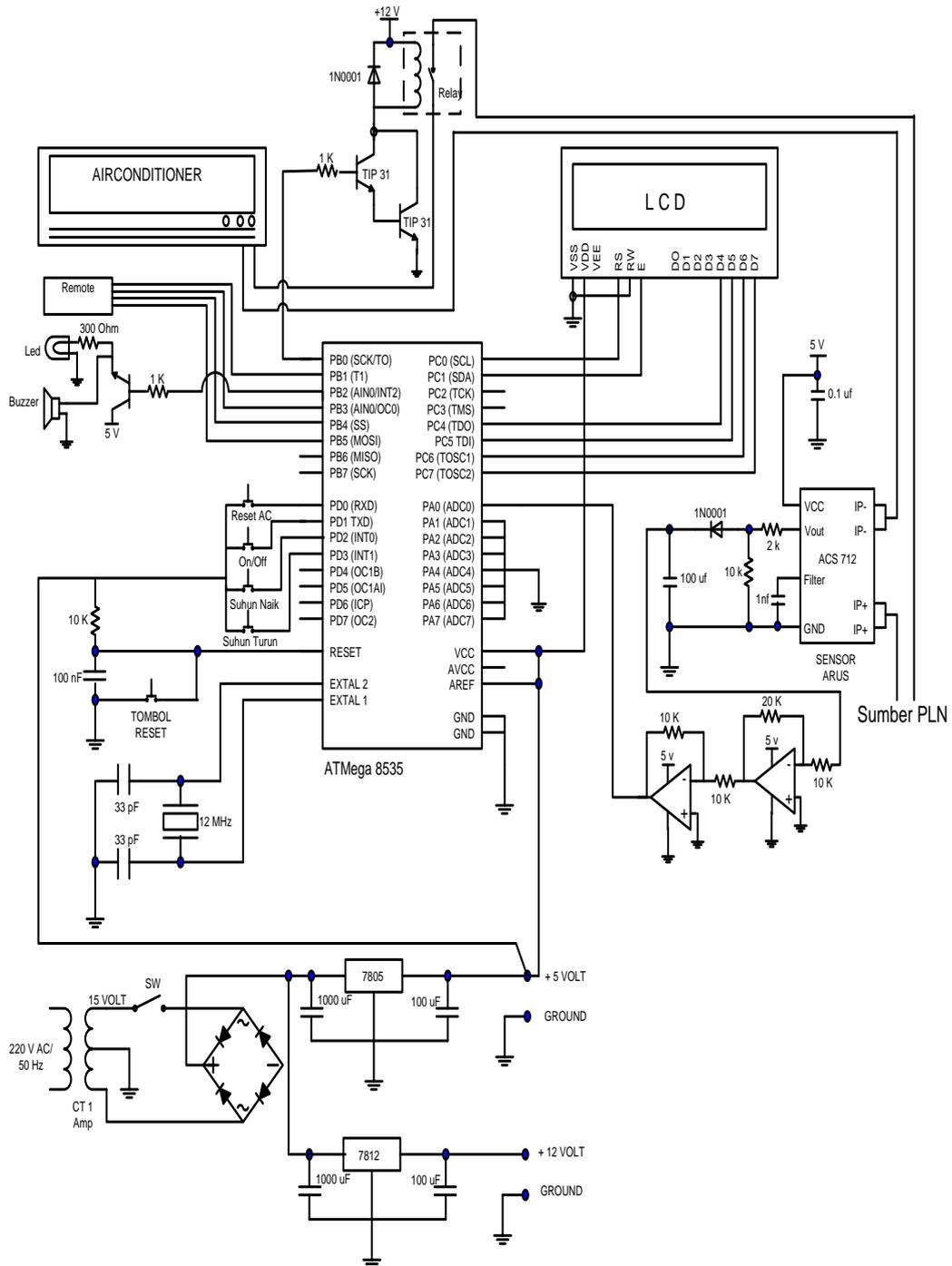
- Wardhana, Lingga. (2006). *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi.
- Widell, K.N. dan Eikevik, T. (2009). *Reducing power consumption in multi-compressor refrigeration systems*, International Journal of Refrigeration 33. 88-94.
- Zhou, Y.P., Wu, J.Y., Wang, R.Z. & Shiochi, S. (2007). *Energi simulation in the variable refrigerant flow air-conditioning system under cooling conditions*, Energi and Buildings 39. 212–220.

# **DAFTAR LAMPIRAN**

1. **Gambar sistem.**
2. **Data pengukuran.**
3. **Pengujian sistem.**
4. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 24°C pada saat penyaring udara AC bersih.**
5. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 25°C pada saat penyaring udara AC bersih.**
6. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 26°C pada saat penyaring udara AC bersih.**
7. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 27°C pada saat penyaring udara AC bersih.**
8. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 24°C pada saat penyaring udara AC kotor.**
9. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 25°C pada saat penyaring udara AC kotor.**
10. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 26°C pada saat penyaring udara AC kotor.**
11. **Data pengukuran energi listrik selama 2 jam untuk settingan suhu 27°C pada saat penyaring udara AC kotor.**
12. **Coding program.**

LAMPIRAN 1

GAMBAR SISTEM



## LAMPIRAN 2

## DATA PENGUKURAN



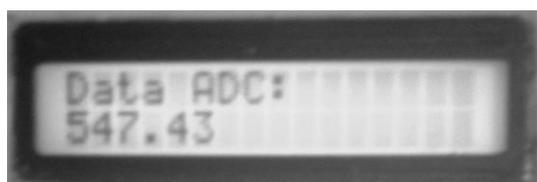
Arus pada saat kompresor off



Arus pada saat kompresor on



Data ADC untuk arus 0 Ampere



Data ADC untuk arus 0,7 Ampere



Data ADC untuk arus 1,7 Ampere

**LAMPIRAN 3**

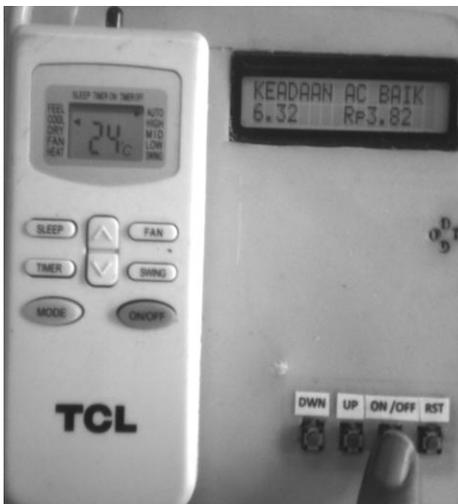
**PENGUJIAN SISTEM**



Rangkaian sistem yang dibuat



Pengujian sistem



Mengaktifkan sistem dengan penekanan tombol on



Mengaktifkan sistem dengan penekanan tombol on

## LANJUTAN LAMPIRAN 3



Penekanan tombol suhu naik dari 24°C ke 25 °C



Settingan suhu pada AC setelah tombol suhu naik ditekan

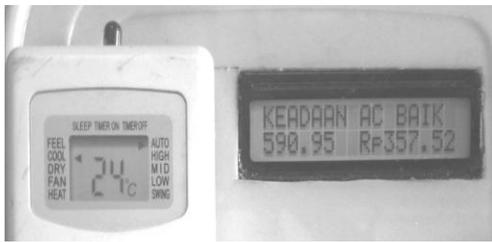


Penekanan tombol suhu turun dari 27°C ke 26 °C



Settingan suhu pada AC setelah tombol suhu turun ditekan

### LANJUTAN LAMPIRAN 3



Besarnya energi listrik dan harga bayar 24°C saat penyaring udara AC bersih



Besarnya energi listrik dan harga bayar 25°C saat penyaring udara AC bersih



Besarnya energi listrik dan harga bayar 26°C saat penyaring udara AC bersih



Besarnya energi listrik dan harga bayar 27°C saat penyaring udara AC bersih



Besarnya energi listrik dan harga bayar 24°C saat penyaring udara AC kotor



Besarnya energi listrik dan harga bayar 25°C saat penyaring udara AC kotor



Besarnya energi listrik dan harga bayar 26°C saat penyaring udara AC kotor



Besarnya energi listrik dan harga bayar 27°C saat penyaring udara AC kotor

## LAMPIRAN 4

**Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu  
24°C untuk penyaring udara AC bersih.**

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)	Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
1	6.32	3.82	1.7	61	325.95	197.20	0.7
2	12.64	7.65	1.7	62	328.55	198.77	0.7
3	18.96	11.47	1.7	63	331.16	200.35	0.7
4	25.27	15.29	1.7	64	333.76	201.92	0.7
5	31.59	19.11	1.7	65	336.36	203.50	0.7
6	37.91	22.94	1.7	66	338.96	205.07	0.7
7	44.23	26.76	1.7	67	341.56	206.64	0.7
8	50.55	30.58	1.7	68	344.16	208.22	0.7
9	56.87	34.40	1.7	69	346.77	209.79	0.7
10	63.18	38.23	1.7	70	349.37	211.37	0.7
11	69.50	42.05	1.7	71	351.97	212.94	0.7
12	75.82	45.87	1.7	72	354.57	214.51	0.7
13	82.14	49.69	1.7	73	357.17	216.09	0.7
14	88.46	53.52	1.7	74	359.77	217.66	0.7
15	94.78	57.34	1.7	75	362.38	219.24	0.7
16	101.09	61.16	1.7	76	364.98	220.82	0.7
17	107.41	64.98	1.7	77	367.58	222.40	0.7
18	113.73	68.81	1.7	78	370.18	223.98	0.7
19	120.05	72.63	1.7	79	372.78	225.56	0.7
20	126.37	76.45	1.7	80	375.38	227.14	0.7
21	132.69	80.27	1.7	81	377.98	228.72	0.7
22	139.00	84.10	1.7	82	380.58	230.30	0.7
23	145.32	87.92	1.7	83	383.18	231.88	0.7
24	151.64	91.74	1.7	84	385.78	233.46	0.7
25	157.96	95.56	1.7	85	388.38	235.04	0.7
26	164.28	99.38	1.7	86	390.98	236.62	0.7
27	170.60	103.20	1.7	87	393.58	238.20	0.7
28	176.92	107.02	1.7	88	396.18	239.78	0.7
29	183.24	110.84	1.7	89	398.78	241.36	0.7
30	189.56	114.66	1.7	90	401.38	242.94	0.7
31	195.88	118.48	1.7	91	403.98	244.52	0.7
32	202.20	122.30	1.7	92	406.58	246.10	0.7
33	208.52	126.12	1.7	93	409.18	247.68	0.7
34	214.84	129.94	1.7	94	411.78	249.26	0.7
35	221.16	133.76	1.7	95	414.38	250.84	0.7
36	227.48	137.58	1.7	96	416.98	252.42	0.7
37	233.80	141.40	1.7	97	419.58	254.00	0.7
38	240.12	145.22	1.7	98	422.18	255.58	0.7
39	246.44	149.04	1.7	99	424.78	257.16	0.7
40	252.76	152.86	1.7	100	427.38	258.74	0.7
41	259.08	156.68	1.7	101	429.98	260.32	0.7
42	265.40	160.50	1.7	102	432.58	261.90	0.7
43	271.72	164.32	1.7	103	435.18	263.48	0.7
44	278.04	168.14	1.7	104	437.78	265.06	0.7
45	284.36	171.96	1.7	105	440.38	266.64	0.7
46	290.68	175.78	1.7	106	442.98	268.22	0.7
47	297.00	179.60	1.7	107	445.58	269.80	0.7
48	303.32	183.42	1.7	108	448.18	271.38	0.7
49	309.64	187.24	1.7	109	450.78	272.96	0.7
50	315.96	191.06	1.7	110	453.38	274.54	0.7
51	322.28	194.88	1.7	111	455.98	276.12	0.7
52	328.60	198.70	1.7	112	458.58	277.70	0.7
53	334.92	202.52	1.7	113	461.18	279.28	0.7
54	341.24	206.34	1.7	114	463.78	280.86	0.7
55	347.56	210.16	1.7	115	466.38	282.44	0.7
56	353.88	213.98	1.7	116	468.98	284.02	0.7
57	360.20	217.80	1.7	117	471.58	285.60	0.7
58	366.52	221.62	1.7	118	474.18	287.18	0.7
59	372.84	225.44	1.7	119	476.78	288.76	0.7
60	379.16	229.26	1.7	120	479.38	290.34	0.7

## LAMPIRAN 5

Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu  
25°C untuk penyaring udara AC bersih.

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)	Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
1	6.32	3.82	1.7	61	311.09	188.21	0.7
2	12.64	7.65	1.7	62	313.69	189.78	0.7
3	18.96	11.47	1.7	63	316.29	191.35	0.7
4	25.27	15.29	1.7	64	318.89	192.93	0.7
5	31.59	19.11	1.7	65	321.49	194.50	0.7
6	37.91	22.94	1.7	66	324.09	196.08	0.7
7	44.23	26.76	1.7	67	326.70	197.65	0.7
8	50.55	30.58	1.7	68	329.30	199.22	0.7
9	56.87	34.40	1.7	69	331.90	200.80	0.7
10	63.18	38.23	1.7	70	334.50	202.37	0.7
11	69.50	42.05	1.7	71	337.10	203.95	0.7
12	75.82	45.87	1.7	72	339.70	205.52	0.7
13	82.14	49.69	1.7	73	342.31	207.09	0.7
14	88.46	53.52	1.7	74	344.91	208.67	0.7
15	94.78	57.34	1.7	75	347.51	210.24	0.7
16	101.09	61.16	1.7	76	353.83	214.07	1.7
17	107.41	64.98	1.7	77	360.15	217.89	1.7
18	113.73	68.81	1.7	78	366.46	221.71	1.7
19	120.05	72.63	1.7	79	372.78	225.53	1.7
20	126.37	76.45	1.7	80	379.10	229.36	1.7
21	132.69	80.27	1.7	81	385.42	233.18	1.7
22	139.00	84.10	1.7	82	391.74	237.00	1.7
23	145.32	87.92	1.7	83	398.06	240.82	1.7
24	147.92	89.49	0.7	84	404.37	244.65	1.7
25	150.53	91.07	0.7	85	410.69	248.47	1.7
26	153.13	92.64	0.7	86	417.01	252.29	1.7
27	155.73	94.22	0.7	87	423.33	256.11	1.7
28	158.33	95.79	0.7	88	429.65	259.94	1.7
29	160.93	97.36	0.7	89	435.97	263.76	1.7
30	163.53	98.94	0.7	90	442.28	267.58	1.7
31	166.14	100.51	0.7	91	448.60	271.40	1.7
32	168.74	102.09	0.7	92	454.92	275.23	1.7
33	171.34	103.66	0.7	93	461.24	279.05	1.7
34	173.94	105.23	0.7	94	463.84	280.62	0.7
35	176.54	106.81	0.7	95	466.44	282.20	0.7
36	179.14	108.38	0.7	96	469.04	283.77	0.7
37	181.75	109.96	0.7	97	471.65	285.35	0.7
38	184.35	111.53	0.7	98	474.25	286.92	0.7
39	186.95	113.10	0.7	99	476.85	288.49	0.7
40	189.55	114.68	0.7	100	479.45	290.07	0.7
41	195.87	118.50	1.7	101	482.05	291.64	0.7
42	202.19	122.32	1.7	102	484.65	293.22	0.7
43	208.51	126.15	1.7	103	487.26	294.79	0.7
44	214.82	129.97	1.7	104	489.86	296.36	0.7
45	221.14	133.79	1.7	105	492.46	297.94	0.7
46	227.46	137.61	1.7	106	495.06	299.51	0.7
47	233.78	141.44	1.7	107	497.66	301.09	0.7
48	240.10	145.26	1.7	108	500.26	302.66	0.7
49	246.42	149.08	1.7	109	502.87	304.23	0.7
50	252.73	152.90	1.7	110	505.47	305.81	0.7
51	259.05	156.73	1.7	111	511.79	309.63	1.7
52	265.37	160.55	1.7	112	518.10	313.45	1.7
53	271.69	164.37	1.7	113	524.42	317.28	1.7
54	278.01	168.19	1.7	114	530.74	321.10	1.7
55	284.33	172.02	1.7	115	537.06	324.92	1.7
56	290.64	175.84	1.7	116	543.38	328.74	1.7
57	296.96	179.66	1.7	117	549.70	332.57	1.7
58	303.28	183.48	1.7	118	556.01	336.39	1.7
59	305.88	185.06	0.7	119	562.33	340.21	1.7
60	308.48	186.63	0.7	120	568.65	344.03	1.7

## LAMPIRAN 6

**Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu  
26°C untuk penyaring udara AC bersih.**

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)	Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
1	6.32	3.82	1.7	61	292.50	176.96	0.7
2	12.64	7.65	1.7	62	295.10	178.54	0.7
3	18.96	11.47	1.7	63	297.71	180.11	0.7
4	25.27	15.29	1.7	64	300.31	181.69	0.7
5	31.59	19.11	1.7	65	302.91	183.26	0.7
6	37.91	22.94	1.7	66	305.51	184.83	0.7
7	44.23	26.76	1.7	67	308.11	186.41	0.7
8	50.55	30.58	1.7	68	310.71	187.98	0.7
9	56.87	34.40	1.7	69	313.32	189.56	0.7
10	63.18	38.23	1.7	70	315.92	191.13	0.7
11	69.50	42.05	1.7	71	318.52	192.70	0.7
12	75.82	45.87	1.7	72	321.12	194.28	0.7
13	82.14	49.69	1.7	73	323.72	195.85	0.7
14	88.46	53.52	1.7	74	326.32	197.43	0.7
15	94.78	57.34	1.7	75	332.64	201.25	1.7
16	101.09	61.16	1.7	76	338.96	205.07	1.7
17	107.41	64.98	1.7	77	345.28	208.89	1.7
18	113.73	68.81	1.7	78	351.60	212.72	1.7
19	120.05	72.63	1.7	79	357.92	216.54	1.7
20	126.37	76.45	1.7	80	364.23	220.36	1.7
21	128.97	78.03	0.7	81	370.55	224.18	1.7
22	131.57	79.60	0.7	82	376.87	228.01	1.7
23	134.17	81.17	0.7	83	383.19	231.83	1.7
24	136.77	82.75	0.7	84	389.51	235.65	1.7
25	139.38	84.32	0.7	85	395.83	239.47	1.7
26	141.98	85.90	0.7	86	402.14	243.30	1.7
27	144.58	87.47	0.7	87	408.46	247.12	1.7
28	147.18	89.04	0.7	88	414.78	250.94	1.7
29	149.78	90.62	0.7	89	421.10	254.76	1.7
30	152.38	92.19	0.7	90	427.42	258.59	1.7
31	154.99	93.77	0.7	91	430.02	260.16	0.7
32	157.59	95.34	0.7	92	432.62	261.74	0.7
33	160.19	96.91	0.7	93	435.22	263.31	0.7
34	162.79	98.49	0.7	94	437.82	264.88	0.7
35	165.39	100.06	0.7	95	440.43	266.46	0.7
36	167.99	101.64	0.7	96	443.03	268.03	0.7
37	170.60	103.21	0.7	97	445.63	269.61	0.7
38	173.20	104.78	0.7	98	448.23	271.18	0.7
39	175.80	106.36	0.7	99	450.83	272.75	0.7
40	182.12	110.18	1.7	100	453.43	274.33	0.7
41	188.44	114.00	1.7	101	456.04	275.90	0.7
42	194.75	117.83	1.7	102	458.64	277.48	0.7
43	201.07	121.65	1.7	103	461.24	279.05	0.7
44	207.39	125.47	1.7	104	463.84	280.62	0.7
45	213.71	129.29	1.7	105	466.44	282.20	0.7
46	220.03	133.12	1.7	106	469.04	283.77	0.7
47	226.35	136.94	1.7	107	471.65	285.35	0.7
48	232.66	140.76	1.7	108	474.25	286.92	0.7
49	238.98	144.58	1.7	109	476.85	288.49	0.7
50	245.30	148.41	1.7	110	483.17	292.32	1.7
51	251.62	152.23	1.7	111	489.49	296.14	1.7
52	257.94	156.05	1.7	112	495.80	299.96	1.7
53	264.26	159.87	1.7	113	502.12	303.78	1.7
54	270.57	163.70	1.7	114	508.44	307.61	1.7
55	276.89	167.52	1.7	115	514.76	311.43	1.7
56	279.49	169.09	0.7	116	521.08	315.25	1.7
57	282.10	170.67	0.7	117	527.40	319.07	1.7
58	284.70	172.24	0.7	118	533.71	322.90	1.7
59	287.30	173.82	0.7	119	540.03	326.72	1.7
60	289.90	175.39	0.7	120	546.35	330.54	1.7

## LAMPIRAN 7

Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu  
27°C untuk penyaring udara AC bersih.

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)	Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
1	6.32	3.82	1.7	61	277.64	167.97	0.7
2	12.64	7.65	1.7	62	280.24	169.54	0.7
3	18.96	11.47	1.7	63	282.84	171.12	0.7
4	25.27	15.29	1.7	64	285.44	172.69	0.7
5	31.59	19.11	1.7	65	288.04	174.27	0.7
6	37.91	22.94	1.7	66	290.64	175.84	0.7
7	44.23	26.76	1.7	67	293.25	177.41	0.7
8	50.55	30.58	1.7	68	295.85	178.99	0.7
9	56.87	34.40	1.7	69	298.45	180.56	0.7
10	63.18	38.23	1.7	70	301.05	182.14	0.7
11	69.50	42.05	1.7	71	303.65	183.71	0.7
12	75.82	45.87	1.7	72	306.25	185.28	0.7
13	82.14	49.69	1.7	73	312.57	189.11	1.7
14	88.46	53.52	1.7	74	318.89	192.93	1.7
15	94.78	57.34	1.7	75	325.21	196.75	1.7
16	101.09	61.16	1.7	76	331.53	200.57	1.7
17	107.41	64.98	1.7	77	337.85	204.40	1.7
18	113.73	68.81	1.7	78	344.16	208.22	1.7
19	116.33	70.38	0.7	79	350.48	212.04	1.7
20	118.93	71.95	0.7	80	356.80	215.86	1.7
21	121.54	73.53	0.7	81	363.12	219.69	1.7
22	124.14	75.10	0.7	82	369.44	223.51	1.7
23	126.74	76.68	0.7	83	375.76	227.33	1.7
24	129.34	78.25	0.7	84	382.07	231.15	1.7
25	131.94	79.82	0.7	85	388.39	234.98	1.7
26	134.54	81.40	0.7	86	394.71	238.80	1.7
27	137.15	82.97	0.7	87	397.31	240.37	0.7
28	139.75	84.55	0.7	88	399.91	241.95	0.7
29	142.35	86.12	0.7	89	402.52	243.52	0.7
30	144.95	87.69	0.7	90	405.12	245.10	0.7
31	147.55	89.27	0.7	91	407.72	246.67	0.7
32	150.15	90.84	0.7	92	410.32	248.24	0.7
33	152.76	92.42	0.7	93	412.92	249.82	0.7
34	155.36	93.99	0.7	94	415.52	251.39	0.7
35	157.96	95.56	0.7	95	418.13	252.97	0.7
36	160.56	97.14	0.7	96	420.73	254.54	0.7
37	163.16	98.71	0.7	97	423.33	256.11	0.7
38	165.76	100.29	0.7	98	425.93	257.69	0.7
39	172.08	104.11	1.7	99	428.53	259.26	0.7
40	178.40	107.93	1.7	100	431.13	260.84	0.7
41	184.72	111.75	1.7	101	433.74	262.41	0.7
42	191.04	115.58	1.7	102	436.34	263.98	0.7
43	197.36	119.40	1.7	103	438.94	265.56	0.7
44	203.67	123.22	1.7	104	441.54	267.13	0.7
45	209.99	127.04	1.7	105	444.14	268.71	0.7
46	216.31	130.87	1.7	106	446.74	270.28	0.7
47	222.63	134.69	1.7	107	453.06	274.10	1.7
48	228.95	138.51	1.7	108	459.38	277.92	1.7
49	235.27	142.34	1.7	109	465.70	281.75	1.7
50	241.58	146.16	1.7	110	472.02	285.57	1.7
51	247.90	149.98	1.7	111	478.34	289.39	1.7
52	254.22	153.80	1.7	112	484.65	293.22	1.7
53	256.82	155.38	0.7	113	490.97	297.04	1.7
54	259.42	156.95	0.7	114	497.29	300.86	1.7
55	262.03	158.53	0.7	115	503.61	304.68	1.7
56	264.63	160.10	0.7	116	509.93	308.51	1.7
57	267.23	161.67	0.7	117	516.25	312.33	1.7
58	269.83	163.25	0.7	118	522.56	316.15	1.7
59	272.43	164.82	0.7	119	528.88	319.97	1.7
60	275.03	166.40	0.7	120	535.20	323.80	1.7

## LAMPIRAN 8

Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu 24°C untuk penyaring udara AC kotor.

Waktu (detik)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
5	31.59	19.11	1.7
10	63.18	38.23	1.7
15	94.78	57.34	1.7
20	126.37	76.45	1.7
25	157.96	95.56	1.7
30	189.55	114.68	1.7
35	221.14	133.79	1.7
40	252.73	152.90	1.7
45	284.33	172.02	1.7
50	315.92	191.13	1.7
55	347.51	210.24	1.7
56	353.83	214.07	1.7
57	360.15	217.89	1.7
58	366.46	221.71	1.7
59	372.82	225.56	1.71
60	379.21	229.42	1.72
61	385.64	233.31	1.73
62	392.11	237.23	1.74
63	398.61	241.16	1.75
64	405.15	245.12	1.76
65	411.73	249.10	1.77
66	418.35	253.10	1.78
67	425.00	257.13	1.79
68	431.69	261.17	1.8
69	438.42	265.24	1.81
70	445.18	269.34	1.82
71	451.98	273.45	1.83
72	458.82	277.59	1.84
73	465.70	281.75	1.85
74	472.61	285.93	1.86
75	479.56	290.13	1.87
76	486.55	294.36	1.88
77	493.57	298.61	1.89
78	496.18	300.19	0.7
79	498.78	301.76	0.7
80	501.38	303.33	0.7
81	503.98	304.91	0.7
82	506.58	306.48	0.7
83	509.18	308.06	0.7
84	511.79	309.63	0.7
85	514.39	311.20	0.7
86	516.99	312.78	0.7
87	519.59	314.35	0.7
88	522.19	315.93	0.7
89	524.79	317.50	0.7
90	527.40	319.07	0.7
91	530.00	320.65	0.7
92	532.60	322.22	0.7
93	538.92	326.04	1.7
94	545.24	329.87	1.7
95	551.55	333.69	1.7
96	557.87	337.51	1.7
97	564.19	341.33	1.7
98	570.51	345.16	1.7
99	576.83	348.98	1.7

Waktu (detik)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
100	583.15	352.80	1.7
101	589.46	356.63	1.7
102	595.78	360.45	1.7
103	602.10	364.27	1.7
104	608.42	368.09	1.7
105	614.74	371.92	1.7
106	621.06	375.74	1.7
107	627.37	379.56	1.7
108	633.69	383.38	1.7
109	640.01	387.21	1.7
110	646.33	391.03	1.7
111	652.65	394.85	1.7
112	658.97	398.67	1.7
113	665.28	402.50	1.7
114	671.60	406.32	1.7
115	677.92	410.14	1.7
116	684.24	413.96	1.7
117	690.56	417.79	1.7
118	696.88	421.61	1.7
119	703.19	425.43	1.7
120	709.51	429.25	1.7

## LAMPIRAN 9

Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu 25°C untuk penyaring udara AC kotor.

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
5	31.59	19.11	1.7
10	63.18	38.23	1.7
15	94.78	57.34	1.7
20	126.37	76.45	1.7
25	157.96	95.56	1.7
30	189.55	114.68	1.7
35	221.14	133.79	1.7
40	252.73	152.90	1.7
45	284.33	172.02	1.7
50	315.92	191.13	1.7
55	347.51	210.24	1.7
56	353.83	214.07	1.7
57	360.15	217.89	1.7
58	366.46	221.71	1.7
59	372.82	225.56	1.71
60	379.21	229.42	1.72
61	385.64	233.31	1.73
62	392.11	237.23	1.74
63	398.61	241.16	1.75
64	405.15	245.12	1.76
65	411.73	249.10	1.77
66	418.35	253.10	1.78
67	425.00	257.13	1.79
68	431.69	261.17	1.8
69	438.42	265.24	1.81
70	445.18	269.34	1.82
71	451.98	273.45	1.83
72	458.82	277.59	1.84
73	465.70	281.75	1.85
74	468.30	283.32	0.7
75	470.90	284.90	0.7
76	473.50	286.47	0.7
77	476.11	288.04	0.7
78	478.71	289.62	0.7
79	481.31	291.19	0.7
80	483.91	292.77	0.7
81	486.51	294.34	0.7
82	489.11	295.91	0.7
83	491.72	297.49	0.7
84	494.32	299.06	0.7
85	496.92	300.64	0.7
86	499.52	302.21	0.7
87	502.12	303.78	0.7
88	504.72	305.36	0.7
89	511.04	309.18	1.7
90	517.36	313.00	1.7
91	523.68	316.83	1.7
92	530.00	320.65	1.7
93	536.32	324.47	1.7
94	542.63	328.29	1.7
95	548.95	332.12	1.7
96	555.27	335.94	1.7
97	561.59	339.76	1.7
98	567.91	343.58	1.7
99	574.23	347.41	1.7
100	580.54	351.23	1.7
101	586.86	355.05	1.7
102	593.18	358.87	1.7
103	599.50	362.70	1.7
104	605.82	366.52	1.7
105	612.14	370.34	1.7
106	618.45	374.16	1.7
107	624.77	377.99	1.7
108	631.09	381.81	1.7
109	637.41	385.63	1.7
110	643.73	389.45	1.7
111	650.05	393.28	1.7
112	656.36	397.10	1.7
113	662.68	400.92	1.7
114	669.00	404.75	1.7
115	675.32	408.57	1.7
116	681.64	412.39	1.7
117	687.96	416.21	1.7
118	694.27	420.04	1.7
118	694.27	420.04	1.7
119	700.59	423.86	1.7
120	706.91	427.68	1.7

## LAMPIRAN 10

Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu 26°C untuk penyaring udara AC kotor.

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)	Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
5	31.59	19.11	1.7	100	574.04	347.29	1.7
10	63.18	38.23	1.7	101	580.36	351.12	1.7
15	94.78	57.34	1.7	102	586.68	354.94	1.7
20	126.37	76.45	1.7	103	592.99	358.76	1.7
25	157.96	95.56	1.7	104	599.31	362.58	1.7
30	189.55	114.68	1.7	105	605.63	366.41	1.7
35	221.14	133.79	1.7	106	611.95	370.23	1.7
40	252.73	152.90	1.7	107	618.27	374.05	1.7
45	284.33	172.02	1.7	108	624.59	377.87	1.7
50	315.92	191.13	1.7	109	630.90	381.70	1.7
55	347.51	210.24	1.7	110	637.22	385.52	1.7
56	353.83	214.07	1.7	111	643.54	389.34	1.7
57	360.15	217.89	1.7	112	649.86	393.16	1.7
58	366.46	221.71	1.7	113	656.18	396.99	1.7
59	372.82	225.56	1.71	114	662.50	400.81	1.7
60	379.21	229.42	1.72	115	668.81	404.63	1.7
61	385.64	233.31	1.73	116	675.13	408.46	1.7
62	392.11	237.23	1.74	117	681.45	412.28	1.7
63	398.61	241.16	1.75	118	687.77	416.10	1.7
64	405.15	245.12	1.76	119	694.09	419.92	1.7
65	411.73	249.10	1.77	120	700.41	423.75	1.7
66	418.35	253.10	1.78				
67	425.00	257.13	1.79				
68	427.60	258.70	0.7				
69	430.20	260.27	0.7				
70	432.81	261.85	0.7				
71	435.41	263.42	0.7				
72	438.01	265.00	0.7				
73	440.61	266.57	0.7				
74	443.21	268.14	0.7				
75	445.81	269.72	0.7				
76	448.42	271.29	0.7				
77	451.02	272.87	0.7				
78	453.62	274.44	0.7				
79	456.22	276.01	0.7				
80	458.82	277.59	0.7				
81	461.42	279.16	0.7				
82	464.03	280.74	0.7				
83	466.63	282.31	0.7				
84	472.95	286.13	1.7				
85	479.26	289.95	1.7				
86	485.58	293.78	1.7				
87	491.90	297.60	1.7				
88	498.22	301.42	1.7				
89	504.54	305.25	1.7				
90	510.86	309.07	1.7				
91	517.17	312.89	1.7				
92	523.49	316.71	1.7				
93	529.81	320.54	1.7				
94	536.13	324.36	1.7				
95	542.45	328.18	1.7				
96	548.77	332.00	1.7				
97	555.08	335.83	1.7				
98	561.40	339.65	1.7				
99	567.72	343.47	1.7				

## LAMPIRAN 11

**Data pengukuran energi listrik dan harga pembayaran pada suhu 27°C untuk penyaring udara AC kotor.**

Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)	Waktu (Menit)	Energi Listrik (Wh)	Harga Bayar (Rp)	Arus (A)
5	31.59	19.11	1.7	100	569.43	344.51	1.7
10	63.18	38.23	1.7	101	575.75	348.33	1.7
15	94.78	57.34	1.7	102	582.07	352.15	1.7
20	126.37	76.45	1.7	103	588.39	355.97	1.7
25	157.96	95.56	1.7	104	594.70	359.80	1.7
30	189.55	114.68	1.7	105	601.02	363.62	1.7
35	221.14	133.79	1.7	106	607.34	367.44	1.7
40	252.73	152.90	1.7	107	613.66	371.26	1.7
45	284.33	172.02	1.7	108	619.98	375.09	1.7
50	315.92	191.13	1.7	109	626.30	378.91	1.7
55	347.51	210.24	1.7	110	632.61	382.73	1.7
56	353.83	214.07	1.7	111	638.93	386.55	1.7
57	360.15	217.89	1.7	112	645.25	390.38	1.7
58	366.46	221.71	1.7	113	651.57	394.20	1.7
59	372.82	225.56	1.71	114	657.89	398.02	1.7
60	379.21	229.42	1.72	115	664.21	401.84	1.7
61	385.64	233.31	1.73	116	670.52	405.67	1.7
62	392.11	237.23	1.74	117	676.84	409.49	1.7
63	398.61	241.16	1.75	118	683.16	413.31	1.7
64	405.15	245.12	1.76	119	689.48	417.13	1.7
65	407.76	246.69	0.7	120	695.80	420.96	1.7
66	410.36	248.27	0.7				
67	412.96	249.84	0.7				
68	415.56	251.41	0.7				
69	418.16	252.99	0.7				
70	420.76	254.56	0.7				
71	423.37	256.14	0.7				
72	425.97	257.71	0.7				
73	428.57	259.28	0.7				
74	431.17	260.86	0.7				
75	433.77	262.43	0.7				
76	436.37	264.01	0.7				
77	438.98	265.58	0.7				
78	441.58	267.15	0.7				
79	444.18	268.73	0.7				
80	446.78	270.30	0.7				
81	449.38	271.88	0.7				
82	455.70	275.70	1.7				
83	462.02	279.52	1.7				
84	468.34	283.34	1.7				
85	474.66	287.17	1.7				
86	480.97	290.99	1.7				
87	487.29	294.81	1.7				
88	493.61	298.63	1.7				
89	499.93	302.46	1.7				
90	506.25	306.28	1.7				
91	512.57	310.10	1.7				
92	518.88	313.92	1.7				
93	525.20	317.75	1.7				
94	531.52	321.57	1.7				
95	537.84	325.39	1.7				
96	544.16	329.22	1.7				
97	550.48	333.04	1.7				
98	556.79	336.86	1.7				
99	563.11	340.68	1.7				

**LAMPIRAN 12****CODING PROGRAM**

```

/*****
Project : TEKNIK AKUISISI DATA UNTUK SISTEM KENDALI DAN MONITORING
         KERJA AIR CONDITIONING PADA RUMAH CERDAS ENERGI
Date    :
Author  : ALI AKBAR STEVEN RAMSCHIE

Chip type      : ATmega8535
Program type   : Application
Clock frequency : 11.059200 MHz
Memory model   : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 128
*****/

#include <mega8535.h>
// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
#include <stdlib.h>
#include <lcd.h>
#include <delay.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x40

char data[8];
float c;
int a;
int b;
int waktu;
float arus;
float P;
float Rp;
float i;
float Wh;
float tegangan_input;

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);

    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);

    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;

    // Wait for the AD conversion to complete

```

```

        while ((ADCSRA & 0x10)==0);
        ADCSRA|=0x10;
        return ADCW;
    }

//    RUTIN PROGRAM AKTIF SISTEM
//=====

void Aktif_Sistem()
{
    delay_ms(1000);
    a = 3;          // Set penghitung tombol suhu naik
    b = 0;          // Set penghitung tombol suhu turun
    PORTB.0 = 1;   // AC aktif
    PORTB.2 = 0;   // Led blink dan buzzer on tidak aktif
    PORTB.4 = 1;   // Output ke tombol suhu naik aktif
    PORTB.5 = 0;   // Output ke tombol suhu turun tidak aktif

    while (PIND.1==1) // Membaca tombol pengaktifan sistem
    {
        lcd_clear(); // Menghapus Tampilan Layar LCD
        lcd_gotoxy(0,0); // Mengatur kursor LCD pada baris pertama, kolom pertama
        lcd_putsf("TEKAN TOMBOL ON"); // Menampilkan informasi pada LCD
        delay_ms(200); // Waktu tunda selama 200 ms
    }

    {
        lcd_clear(); // Menghapus Tampilan Layar LCD
        lcd_gotoxy(0,0); // Mengatur kursor LCD pada baris pertama, kolom pertama
        lcd_putsf(" SYSTEM AKTIF"); // Menampilkan informasi pada LCD
        delay_ms(200); // Waktu tunda selama 200 ms
        PORTB.3 = 1; // Mengaktifkan suplai kelistrikan remote
        delay_ms(2000); // Waktu tunda selama 2 detik
        PORTB.1 = 1; // Mengaktifkan tombol on pada AC
        delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
        PORTB.1 = 0; // Menonaktifkan tombol on pada AC
        delay_ms(2000); // Waktu tunda selama 2 detik
        PORTB.6 = 1; // Mengaktifkan tombol suhu naik
        delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
        PORTB.6 = 0; // Me-non-aktifkan tombol suhu naik
        delay_ms(5000); // Waktu tunda selama 5 detik
    }
}

// RUTIN PROGRAM UNTUYK PERAWATAN AC
// -----

void perawatan_AC()
{
    PORTB.1 = 1; // Mengaktifkan tombol off pada remote
    delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
    PORTB.1 = 0; // Me-non-aktifkan tombol off pada remote
    delay_ms(1000); // Waktu tunda selama 1 detik
    PORTB.3 = 0; // Me-non-aktifkan suplai kelistrikan remote
    delay_ms(2000); // Waktu tunda selama 2 detik
}

```

```

PORTB.0 = 0; // AC tidak aktif
while (PIND.0==1) // Membaca apakah tombol reset ditekan atau tidak
{
    PORTB.2 = 1; // Alarm diaktifkan
    lcd_gotoxy(0,0); // Mengatur kursor LCD pada baris pertama, kolom pertama
    lcd_putsf("PERHATIAN!! AC"); // Menampilkan informasi ke LCD
    lcd_gotoxy(0,1); // Mengatur kursor LCD pada baris kedua, kolom pertama
    lcd_putsf("HARUS DI RAWAT"); // Menampilkan informasi ke LCD
    delay_ms(200); // Waktu tunda selama 0,2 detik
    PORTB.2 = 0; // Alarm di-non-aktifkan
    delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
}

PORTB.2 = 0; // Alarm di-non-aktifkan
goto selesai; // Menuju ke rutin selesai
}
// -----

// RUTIN PROGRAM PERHITUNGAN BESARNYA ENERGI LISTRIK
// DAN BESARNYA HARGA BAYAR
// -----
void hitung_Rp()
{
    P = (223 * arus); // Menghitung besarnya daya listrik dimana Daya Listrik =
                    // 223 volt x I
    i = i + P; // Menjumlahkan Daya Listrik setiap 1 detik
    Wh = (1.0/3600) * i; // Menghitung besarnya energi listrik, dimana
                       // Wh = (1 detik / 3600 detik) x i
    Rp = (Wh/1000) * 605; // Menghitung biaya pembayaran listrik, dimana
                        // Rp = (Wh / 1kWh) x tarif dasar listrik untuk daya 900 VA
    lcd_gotoxy(8,1); // Mengatur kursor LCD pada kolom 8 baris kedua
    lcd_putsf("Rp"); // Menampilkan karakter Rp
    lcd_gotoxy(10,1); // Mengatur kursor LCD pada kolom 10 baris kedua
    ftoa(Rp,2,data); // Mengubah bilangan real ke karakter
    lcd_puts(data); // Menampilkan data biaya pembayaran listrik
    lcd_gotoxy(0,1); // mengatur kursor LCD pada kolom pertama baris kedua
    ftoa(Wh,2,data); // Mengubah bilangan real ke karakter
    lcd_puts(data); // Menampilkan data pemakaian energi listrik
    delay_ms(200); // Waktu tunda selama 0,2 detik
}
// -----

// PROGRAM UNTUK MEMBACA DATA SENSOR ARUS MELALUI ADC
// -----
void baca_adc()
{
    c = read_adc(0); // menyimpan data ADC ke c

    if ((c>=521)&&(c<=547)) // Jika kompresor ac dalam keadaan off
    {
        tegangan_input = ((c * 4.9)/1024); // Menghitung besarnya tegangan input
                                           // yang masuk ke ADC, dimana c = data ADC,
                                           // 4,9 = tegangan referensi dan
                                           // 1024 = konstanta untuk data ADC 10 bit
    }
}

```

```

    arus = ((tegangan_input - 2.49)/0.185); // Menghitung besarnya arus, dimana
                                           // 2,49 = tegangan output dari sensor arus
                                           // pada saat belum ada beban,
                                           // 0,185 = konstanta pembagi dar sensor
                                           // arus ACS 712
    lcd_gotoxy(0,0); // mengatur kursor LCD pada kolom pertama baris pertama
    lcd_putsf(" KOMPRESOR OFF "); // Menampilkan informasi ke LCD
    delay_ms(520); // Waktu tunda selama 0,52 detik
    hitung_Rp(); // Ke rutin hitung rupiah
}

if ((c>=585)&&(c<=588)) // Jika ac dalam keadaan aktif dan sensor arus
                       // mendeteksi arus masih dalam keadaan normal
{
    tegangan_input = ((c * 4.9)/1024); // Menghitung besarnya tegangan input
                                       // yang masuk ke ADC, dimana c = data ADC,
                                       // 4,9 = tegangan referensi dan
                                       // 1024 = konstanta untuk data ADC 10 bit

    arus = ((tegangan_input - 2.49)/0.185); // Menghitung besarnya arus, dimana
                                             // 2,49 = tegangan output dari sensor
                                             // arus pada saat belum ada beban,
                                             // 0,185 = konstanta pembagi dar sensor
                                             // arus ACS 712

    lcd_gotoxy(0,0); // mengatur kursor LCD pada kolom pertama baris pertama
    lcd_putsf(""); // menghapus karakter pada LCD
    lcd_gotoxy(0,0); // mengatur kursor LCD pada kolom pertama baris pertama
    lcd_putsf("KEADAAN AC BAIK"); // Menampilkan informasi ke LCD
    delay_ms(520); // Waktu tunda selama 0,52 detik
    hitung_Rp(); // Ke rutin hitung rupiah
}

if (c>588) // Jika ac dalam keadaan aktif dan sensor arus mendeteksi bahwa
           // arus telah lebih besar dari 1,75 ampere
{
    lcd_clear(); // Membersihkan layar LCD
    perawatan_AC(); // Ke rutin perawatan AC
    delay_ms(200); // Waktu tunda selama 0,2 detik
}
}

// RUTIN PROGRAM UNTUK MENONAKTIFKAN SISTEM
// -----
void sistim_off()
{
    delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
    PORTB.1 = 1; // Mengaktifkan tombol on-off pada remote
    delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
    PORTB.1 = 0; // Menonaktifkan tombol on-off pada remote
    delay_ms(1000); // Waktu tunda selama 1 detik
    PORTB.3 = 0; // Menonaktifkan catu daya ke remote
    lcd_clear(); // Menghapus layar LCD

    while (PIND.1==1) // Membaca keadaan tombol off
    {
        lcd_gotoxy(0,0); // Mengatur kursor LCD pada kolom pertama baris pertama
    }
}

```

```

        lcd_putsf(" SISTEM OFF"); // Menampilkan informasi ke LCD
        delay_ms(200); // Waktu tunda selama 0,2 detik
    }
    goto selesai; // Menuju ke rutin selesai
}

// =====
//                      PROGRAM UTAMA
// =====

void main(void)
{
    // PORT A SEBAGAI INPUT ADC
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // PORT B SEBAGAI OUTPUT : LED, BUZZER, RDIVER RELAY DAN
    // PENGATURAN SETINGAN SUHU AC
    PORTB=0x00;
    DDRB=0xFF;

    // PORT C SEBAGAI OUTPUT LCD
    PORTC=0x00;
    DDRC=0x00;

    // PORT D SEBAGAI INPUT : INPUT DATA SETINGAN SUHU AC,
    // INPUT TOMBOL RESET DAN INPUT TOMBOL MENG-ON-KAN AC
    PORTD=0x00;
    DDRD=0x00;

    // INISIALISASI ADC
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
    ADCSRA=0x84;
    SFIOR&=0xEF;

    // INISIALISASI LCD
    lcd_init(16);

    Aktif_Sistem(); // Menuju rutin aktif sistem

    while (1)
    {
        // PROGRAM UNTUK MEMBACA TOMBOL SUHU NAIK
        // =====

        while (PIND.2==1) // Membaca apakah tombol suhu naik ditekan atau tidak
        {
            a = a - 1; // Mengurangi penghitung tombol suhu naik dengan 1
            b = b + 1; // Menambah penghitung tombol suhu turun dengan 1
            PORTB.5 = 1; // Tombol suhu turun aktif
            PORTB.6 = 1; // Tombol remote suhu naik aktif
            delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
            PORTB.6 = 0; // Tombol remote suhu naik tidak aktif
        }
    }
}

```

```

// PROGRAM UNTUK MEMBACA TOMBOL SUHU TURUN
// =====
while (PIND.3==1) // Membaca apakah tombol suhu turun ditekan atau tidak
{
    a = a + 1;      // Menambah penghitung tombol suhu naik dengan 1

    b = b - 1;      // Mengurangi penghitung tombol suhu turun dengan 1
    PORTB.7 = 1;    // Tombol remote suhu turun aktif
    delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
    PORTB.7 = 0;    // Tombol remote suhu turun tidak aktif
}

// PROGRAM UNTUK MEMBACA TOMBOL KEADAAN TOMBOL OFF
// =====
while (PIND.1==0) // Membaca apakah tombol off ditekan atau tidak
{
    PORTB.0 = 0; // AC non aktif
    PORTB.2 = 0; // Led blink dan buzzer non aktif
    PORTB.4 = 0; // Output ke tombol suhu naik tidak aktif
    PORTB.5 = 0; // Output ke tombol suhu turun tidak aktif
    sistim_off(); // Menuju ke rutin sistem off
}

if ((a==0)&&(b==3)) // Pengecekan keadaan tombol suhu naik apakah telah beada
                    // pada settingan 27°C
{
    PORTB.4 = 0; // Menonaktifkan fungsi tombol suhu naik
    PORTB.5 = 1; // Mengaktifkan fungsi tombol suhu turun
    baca_adc(); // Menuju rutin baca ADC
}

if ((a==3)&&(b==0)) // Pengecekan keadaan tombol suhu turun apakah telah beada
                    // pada settingan 24°C
{
    PORTB.5 = 0; // Menonaktifkan fungsi tombol suhu turun
    PORTB.4 = 1; // Mengaktifkan fungsi tombol suhu naik
    baca_adc(); // Menuju rutin baca ADC
}
baca_adc(); // Menuju rutin baca ADC
};

slesai :

    lcd_clear(); // Membersihkan layar LCD
    lcd_gotoxy(0,0); // Mengatur kursor LCD pada kolom pertama baris pertama
    lcd_putsf("MATIKAN SISTEM"); // Menampilkan informasi ke LCD
    delay_ms(500); // Waktu tunda selama 0,5 detik
}

```