

**PEMANGGANG ROTI (OVEN) DENGAN PENGATUR SUHU
DAN WAKTU OTOMATIS PADA KOMPOR GAS**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh :

FAJAR RAHADIYAN

NIM. 9801060297 – 63

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
M A L A N G**

2006

**PEMANGGANG ROTI (OVEN) DENGAN PENGATUR SUHU
DAN WAKTU OTOMATIS PADA KOMPOR GAS**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh :

FAJAR RAHADIYAN

NIM. 9801060297 – 63

LEMBAR PERSETUJUAN

DOSEN PEMBIMBING :

Bambang Siswovo, Ir
NIP. 131 759 588

Nurussa'adah, Ir
NIP. 131 994 339

**PEMANGGANG ROTI (OVEN) DENGAN PENGATUR SUHU
DAN WAKTU OTOMATIS PADA KOMPOR GAS**

Disusun Oleh:

Fajar Rahadiyan
9801060297-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 31 Januari 2006

Dosen Penguji

Moch. Yulius St, Ir, MS
NIP. 131 124 655

M. Rifan, ST, MT
NIP. 132 283 659

Nanang Sulistyanto, Ir
NIP. 132 090 389

Panca Mudjirahardjo, ST, MT
NIP. 132 288 163

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Purwanto, MT
NIP. 131 574 847

PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayat-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Berkat ridho-Nya segala kendala yang ada selama penyusunan skripsi ini dapat penulis lewati dengan baik.

Skripsi yang berjudul “ *Pemanggang (Oven) Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas* ” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menghadapi banyak kesulitan selama menyelesaikan skripsi ini, petunjuk dan bantuan dari berbagai pihak telah memberikan andil yang sangat berharga. Oleh karena itu dengan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

- a. Bapak Purwanto, Ir. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
- b. Bapak Hery Purnomo, Ir. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
- c. Bapak Bambang Siswoyo, Ir. dan Ibu Nurussa'adah, Ir. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, saran dan dukungan moral dalam penyelesaian skripsi ini.
- d. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
- e. Seluruh keluarga di Ponorogo, Istriku tercinta Puspa Dewi Ratna Juwita yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, kakak-kakakku, adikku Vivi yang telah meminjamkan printer dan buku-bukunya.
- f. Simtechinfo, TPTIFT (Aho, Rizky, Wawan, Topik, Welly, Bocah dan semuanya), NetsGen, Sentaurus 5 Family (Yuda, Upank, Aziz, Pras, Toni”Cak Nduta”, Doni), Cak Adenk, Cak Mono, dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis membuka diri terhadap saran dan kritik dari pembaca karena hal tersebut sangat diperlukan untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Malang, Januari 2006

Penulis

ABSTRAK

FAJAR RAHADIYAN, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2006, *Pemanggang (Oven) Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas*, Dosen Pembimbing: Bambang Siswoyo, Ir. dan Ibu Nurussa'adah, Ir.

Oven merupakan suatu alat yang sering digunakan untuk memasak roti. Proses memanggang roti ini biasanya menggunakan kompor listrik maupun *microwave* karena kedua kompor itu sudah memiliki fasilitas pengaturan otomatis. Selain mahal harganya, penggunaan kompor listrik ataupun *microwave* juga membutuhkan penggunaan listrik yang banyak. Dengan naiknya tarif dasar listrik, tentunya kebutuhan penggunaan listrik akan meningkatkan beban kebutuhan keluarga.

Untuk mengantisipasi hal itu diperlukan sebuah alat pemanggang yang harganya terjangkau dan mengurangi penggunaan listrik, dengan fasilitas yang sama yaitu memiliki fasilitas pengaturan otomatis.

“Pemanggang (Oven) Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas” ini memiliki alat pengatur otomatis dengan harga yang lebih murah. Dengan memanfaatkan sensor suhu, motor stepper, dan mikrokontroler, menjadikan alat ini bisa mengatur suhu dan waktu secara otomatis. Sensor suhu yang berupa *thermocouple* digunakan untuk mendeteksi besarnya suhu di dalam oven. Motor stepper digunakan mengatur aliran gas dan mikrokontroler digunakan sebagai pengatur utama. Penambahan keypad sebagai masukan data suhu dan waktu yang diinginkan dan LCD sebagai unit penampil, akan memberikan kemudahan dalam pengoperasian alat ini.

Prinsip kerja alat ini yaitu mikrokontroler akan membaca masukan dari keypad dan membandingkan dengan sensor suhu pada oven. Mikrokontroler akan memantau terus perubahan suhu pada oven dan membandingkan dengan masukan dari keypad apakah telah sesuai. Ketika suhu telah sesuai, maka mikrokontroler akan terus menjaga agar suhu tetap stabil dengan memperbesar atau memperkecil aliran gas dengan menggerakkan motor stepper, sampai waktu yang diinginkan telah tercapai. Pada akhir proses, mikrokontroler akan mengecilkan aliran gas dan akan menyalakan buzzer sebagai penanda bahwa proses pengovenan telah selesai.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan Perancangan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika penulisan	2
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Mikrokontroler AT89C51	4
2.1.1 Susunan pena-pena Mikrokontroler AT89C51	6
2.1.2 Organisasi Memori	8
2.1.3 Memori Program	9
2.1.4 Memori Data	10
2.2 Thermocouple	12
2.3 IC AD595	13
2.4 Keypad	14
2.5 Motor Stepper	14
2.5.1 Jenis Motor Stepper	14
2.5.2 Prinsip Kerja Motor Stepper Unipolar	16
2.5.3 Penggerak Motor Stepper	18
2.6 Analog to Digital Converter (ADC)	18
2.6.1 Sifat-sifat ADC	19
2.6.2 Metode Pendekatan	20
2.6.3 ADC 0804	21
2.7 Penampil Kristal Cair (Liquid Crystal Display/LCD)	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Studi literatur	24
3.2 Perancangan alat	24
3.3 Pembuatan Alat	24
3.4 Pengujian Alat	25
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM	26
4.1 Gambaran Umum	26
4.2 Arsitektur Rangkaian	26
4.3 Prinsip Kerja Sistem	27
4.4 Perencanaan Perangkat Keras	27
4.4.1 Sensor Suhu	28
4.4.2 Keypad	29
4.4.3 ADC (Analog to Digital Converter)	29
4.4.4 Liquid Crystal Display (LCD)	31

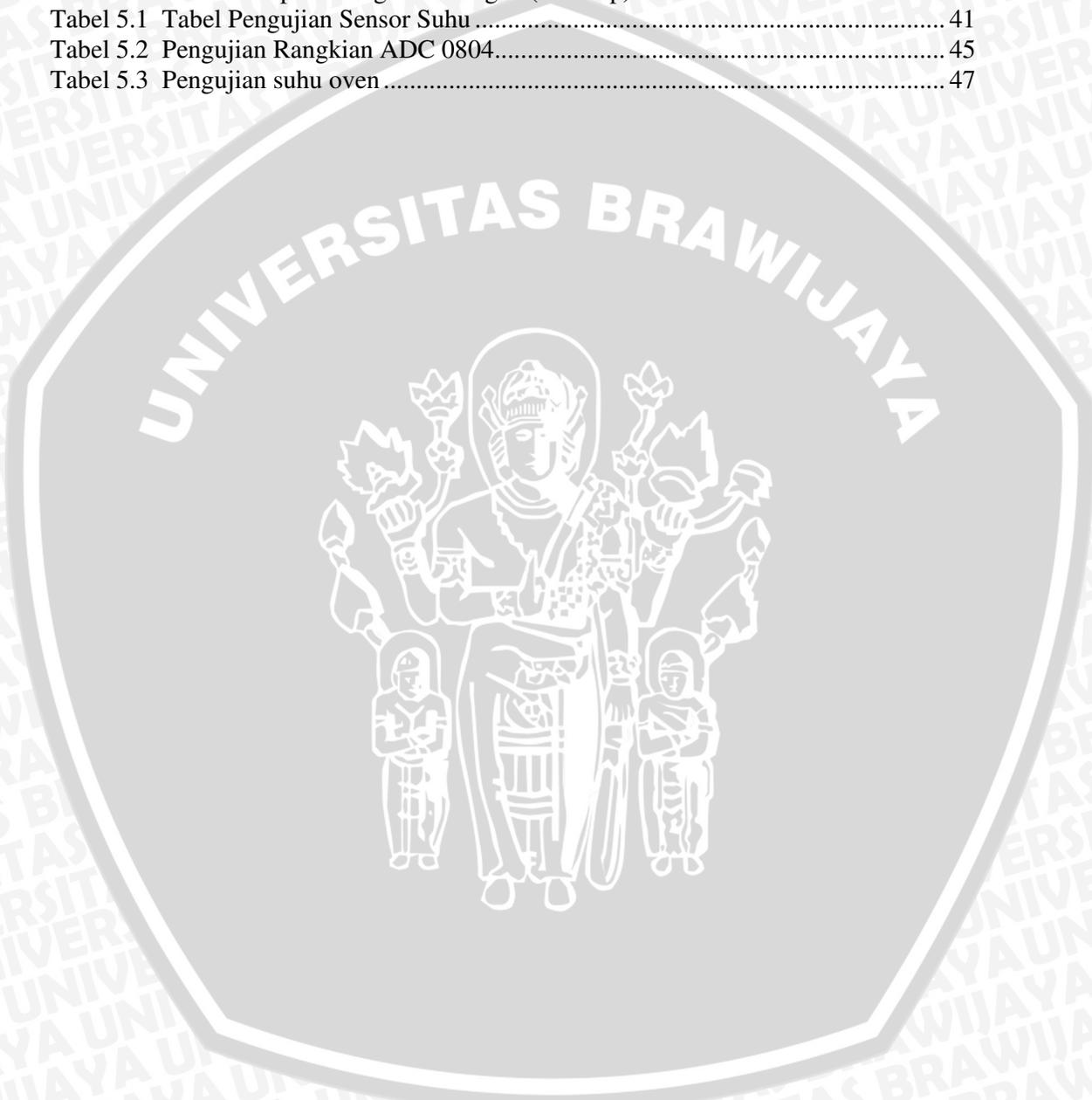
4.4.5	Motor Stepper	32
4.4.5.1	Perancangan transmisi mekanik motor stepper dengan tabung gas....	34
4.4.5.2	Perancangan driver Motor Stepper	32
4.4.6	Unit mikrokontroler AT89C51	39
4.4.7	Perangkat lunak mikrokontroler	41
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS		44
5.1	Pengujian Sub Sistem	44
5.1.1	Pengujian Sensor Suhu	44
5.1.1.1	Tujuan	44
5.1.1.2	Peralatan yang digunakan	44
5.1.1.3	Prosedur pengujian	45
5.1.1.4	Hasil pengujian sensor suhu	46
5.1.1.5	Analisis	46
5.1.2	Pengujian Rangkaian Keypad dan LCD	47
5.1.2.1	Tujuan	47
5.1.2.2	Peralatan yang Digunakan	47
5.1.2.3	Prosedur pengujian	47
5.1.2.4	Hasil Pengujian dan Analisis	48
5.1.3	Pengujian Rangkaian ADC 0804	48
5.1.3.1	Tujuan	48
5.1.3.2	Peralatan yang digunakan	48
5.1.3.3	Prosedur pengujian	48
5.1.3.4	Hasil Pengujian	49
5.1.3.5	Analisis	49
5.1.4	Pengujian Motor Stepper	50
5.1.4.1	Tujuan	50
5.1.4.2	Peralatan yang digunakan	50
5.1.4.3	Prosedur pengujian	50
5.1.4.4	Hasil Pengujian dan Analisis	50
5.1.5	Pengujian Keseluruhan Sistem	51
5.1.5.1	Tujuan	51
5.1.5.2	Peralatan yang digunakan	51
5.1.5.3	Prosedur pengujian	51
5.1.5.4	Hasil Pengujian	52
5.1.5.5	Analisis	52
BAB VI KESIMPULAN		54
6.1	Kesimpulan	54
6.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN 1.....		L1-1
	Gambar Rangkaian	L1-2
LAMPIRAN 2.....		L2-1
	Foto Alat	L2-2
LAMPIRAN 3.....		L3-1
	Listing Program	L3-2
LAMPIRAN 4.....		L4-1
	Datasheet Komponen.....	L4-2

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok Diagram Mikrokontroler	6
Gambar 2.2	Susunan Pena(kaki) Mikrokontroler AT89C51	7
Gambar 2.3	Struktur Memori Mikrokontroler MCS-51	8
Gambar 2.4	Memori Program	9
Gambar 2.5	Memori Data Internal	10
Gambar 2.6	Bagian Bawah 128 Byte RAM Internal	10
Gambar 2.7	Bagian Atas 128 Byte RAM Internal	11
Gambar 2.8	Ruang Special Function Register	11
Gambar 2.9	Single juncton thermocouple	12
Gambar 2.10	Grafik respon suhu thermocouple	13
Gambar 2.11	Modul sensor suhu	13
Gambar 2.12	Rangkaian keypad sistem mikrokontroler	14
Gambar 2.13	Motor Stepper Unipolar	15
Gambar 2.14	Motor Stepper Bipolar	16
Gambar 2.15	Motor Stepper Unipolar 2-Phase	17
Gambar 2.16	Konversi A/D dengan pendekatan berturut-turut	21
Gambar 2.17	ADC 0804	21
Gambar 2.18	Clock eksternal ADC 0804	22
Gambar 4.1	Diagram blok Rangkaian Sistem	27
Gambar 4.2	Modul sensor suhu	28
Gambar 4.3	Rangkaian keypad sistem mikrokontroler	29
Gambar 4.4	Rangkaian ADC 0804	30
Gambar 4.5	Rangkaian antarmuka modul LCD	32
Gambar 4.6	Transmisi mekanik tabung gas	33
Gambar 4.7	Penggerak Motor Stepper ULN2003	34
Gambar 4.8	Rangkaian Driver Stepper	34
Gambar 4.9	Rangkaian Driver Stepper blok 1	35
Gambar 4.10	Grafik Ic terhadap $V_{CE(SAT)}$ ULN 2003	36
Gambar 4.11	Rangkaian Driver Stepper blok 2	37
Gambar 4.12	Grafik Arus masukan terhadap Arus Keluaran ULN 2003	37
Gambar 4.13	Grafik Tegangan Masukan terhadap Arus Masukan ULN 2003	37
Gambar 4.14	Rangkaian Unit Mikrokontroller AT89C51	39
Gambar 4.15	Rangkaian pewaktuan dengan osilator internal	39
Gambar 4.16	Rangkaian power on reset	40
Gambar 4.17	Flowchart program keseluruhan	42
Gambar 4.18	Flowchart program pengaturan suhu	43
Gambar 5.1	Rangkaian Pengujian Sensor Suhu	45
Gambar 5.2	Pengujian keypad	47
Gambar 5.3	Diagram alir pengujian keypad	47
Gambar 5.4	Tampilan LCD pada pengujian keypad	48
Gambar 5.5	Pengujian Rangkaian ADC 0804	49
Gambar 5.6	Rangkaian pengujian motor stepper	50
Gambar 5.7	Blok seseluruhan rangkaian	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe-tipe Thermocouple	12
Tabel 2.2 Pemberian pulsa langkah penuh (full step).....	17
Tabel 2.3 Pemberian pulsa langkah penuh (half step)	17
Tabel 2.4 Pemberian pulsa langkah setengah (full step)	18
Tabel 5.1 Tabel Pengujian Sensor Suhu	41
Tabel 5.2 Pengujian Rangkaian ADC 0804.....	45
Tabel 5.3 Pengujian suhu oven	47



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai himbauan dari pemerintah dalam kampanyenya yaitu penghematan listrik dan BBM serta sesuai juga dengan program masa depan pemerintah untuk mengalihkan penggunaan bahan bakar minyak menjadi bahan bakar gas. Saat ini sudah beredar banyak kompor yang menggunakan bahan bakar gas, tetapi saat ini ketersediaan kompor gas dengan fitur otomatis masih relatif mahal dan jarang terdapat dipasaran.

Dalam industri pembuatan roti keberadaan pemanggang yang otomatis yaitu ada pengaturan suhu dan waktunya sangat diperlukan dalam meningkatkan kualitas produksi. Akan sangat merepotkan bila terdapat banyak pemanggang tetapi masih menggunakan sistem manual. Keberadaan alat pemanggang roti dengan pengatur suhu dan waktu otomatis dengan bahan bakar kompor gas akan sangat membantu.

Tugas akhir yang pernah dibuat sebelumnya dengan judul "Otomasi pada oven elektronik dengan mikrokontroler AT89C51" oleh Haniana dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya merupakan pembuatan alat otomatis pada oven elektrik yang sudah jadi dipasaran. Alat ini mengontrol pemanas elektrik yang sudah ada di dalam oven. Tidak jauh berbeda dengan alat yang sudah dirancang oleh Ardiansyah dengan judul "Rancang bangun pengaturan kompor elektrik berbasis mikrokontroler AT89C51" yang mengatur otomasi pada pemanas elektrik.

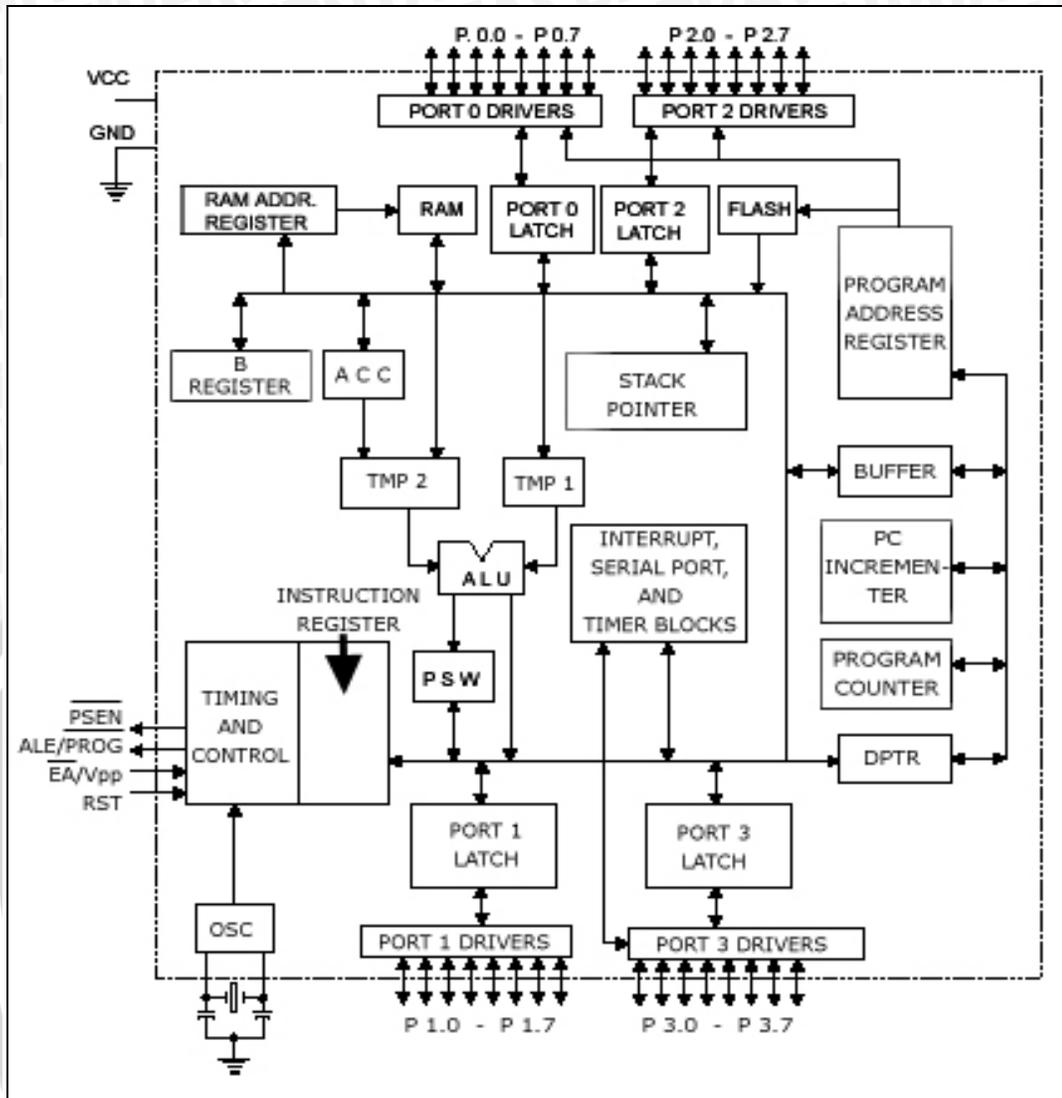
Berbeda dengan skripsi ini, oven yang digunakan adalah oven biasa atau oven yang dipanaskan dengan menggunakan kompor. Sedangkan sebagai alat pemanas digunakan sebuah kompor gas. Alat ini akan mengatur aliran gas yang dikeluarkan oleh tabung gas dengan mengacu pada suhu dan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Alat yang dirancang ini memiliki prinsip kerja sebagai berikut, alat ini memiliki masukan sensor suhu dan *keypad*. Sensor suhu yang digunakan adalah sebuah *thermocouple* yang berfungsi untuk mendeteksi suhu pada panggangan roti atau oven. Keypad digunakan untuk pengaturan suhu dan waktu yang diinginkan. Pengendali utama pada alat ini digunakan mikrokontroler, sebagai pengolah data dari unit input yang ada. Kemudian keluaran dari sistem ini adalah LCD, buzzer dan driver motor stepper. LCD digunakan sebagai unit penampil dan buzzer sebagai peringatan bahwa proses pemanggangan akan dimulai dan juga sebagai indikator bahwa proses telah selesai.

kelompok *embedded microcontroller*, yang berarti dapat diprogram ulang (*reprogrammable*).

Secara umum keistimewaan yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89C51 adalah:

- Sebuah CPU (*Central Processing Unit*) dengan lebar data 8-bit untuk aplikasi kontrol.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- RAM internal 128 byte (*on chip*).
- EEPROM internal 4 Kbyte (*on chip*).
- Empat buah programmable port I/O, masing-masing terdiri atas 8 buah jalur I/O.
- Dua buah pencacah (*counter*) atau pewaktu (*timer*) 16-bit.
- Lima buah jalur interupsi (2 buah interupsi eksternal dan 3 buah interupsi internal).
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian dan operasi boolean (bit).

Dengan keistimewaan tersebut, pembuatan alat menggunakan mikrokontroler AT89C51 menjadi lebih sederhana, ekonomis dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Boleh dikatakan mikrokontroler ini mempunyai keistimewaan dari segi perangkat keras. Adapun blok diagram dari mikrokontroler AT 89C51 diperlihatkan dalam Gambar 2.1



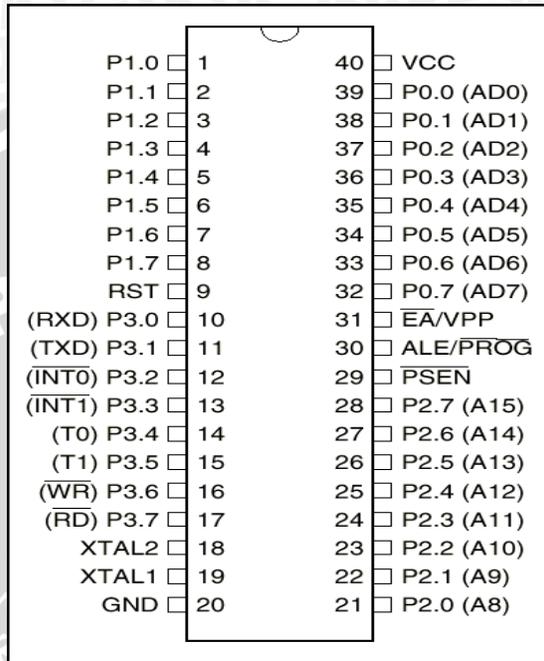
Gambar 2.1 Blok Diagram Mikrokontroler AT89C51
Sumber : Datasheet AT89C51,Atmel, 1998 : 2

2.1.1 Susunan Pena-pena Mikrokontroler AT89C51

Susunan pena-pena Mikrokontroler AT89C51 diperlihatkan dalam Gambar 2.2. Penjelasan dari masing-masing pena adalah sebagai berikut:

- Pena 1 sampai 8 (Port 1) merupakan port paralel 8-bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (*general purpose*).
- Pena 9 (*Reset*) adalah masukan *reset* (aktif tinggi). Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan me-*reset* AT89C51.
- Pena 10 sampai 17 (Port 3) adalah port paralel 8-bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TxD (*Transmit*

Data), RxD (Receive Data), \overline{INT}_0 (Interrupt 0), \overline{INT}_1 (Interrupt 1), T0 (Timer 0), T1 (Timer 1), \overline{WR} (Write), dan \overline{RD} (Read). Bila fungsi pengganti tidak dipakai, pena-pena ini dapat digunakan sebagai port paralel 8-bit serbaguna.



Gambar 2.2 Susunan Pena (kaki) Mikrokontroler AT89C51
Sumber : Datasheet AT89C51, Atmel, 1998 : 1

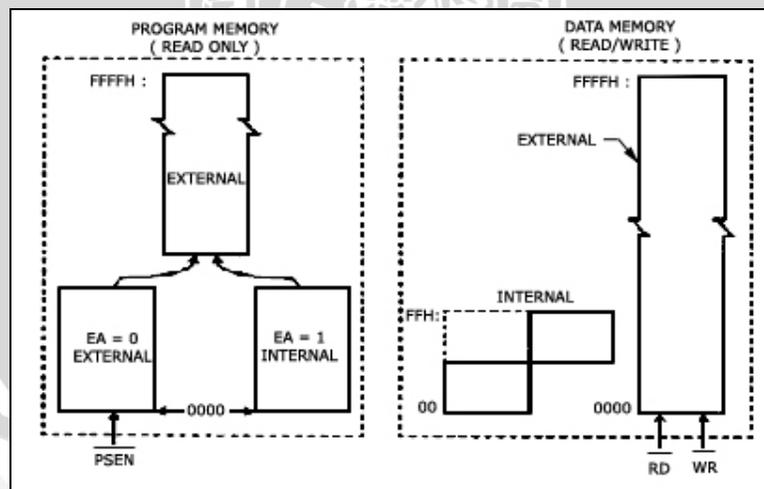
- Pena 18 (XTAL 1) adalah pena masukan ke rangkaian osilator internal. Sebuah osilator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan.
- Pena 19 (XTAL 2) adalah pena keluaran ke rangkaian osilator internal. Pena ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- Pena 20 (Ground) dihubungkan ke Vss atau ground.
- Pena 21 sampai 28 (Port 2) adalah port paralel 2 (P2) selebar 8-bit dua arah (bidirectional). Port 2 ini mengirimkan byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal.
- Pena 29 adalah pena \overline{PSEN} (program store enable) yang merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian/pengambilan instruksi (fetching).
- Pena 30 adalah pena ALE (Address Latch Enable) yang digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.

- Pena 31 adalah pena \overline{EA} (External Access Enable). Bila pena ini diberi logika tinggi (H), Mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM ketika isi program counter kurang dari 4096. Bila diberi logika rendah (L), Mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori program luar.
- Pena 32 sampai 39 (Port 0) merupakan port paralel 8-bit open drain dua arah. Bila digunakan untuk mengakses memori luar, port ini akan memultipleks alamat memori dengan data.
- Pena 40 (Vcc) dihubungkan ke Vcc (+5 volt).

2.1.2 Organisasi Memori

Semua mikrokontroler dalam keluarga MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat (*address space*) untuk program dan data seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Pemisahan memori program dan memori data membolehkan memori data untuk diakses oleh alamat 8-bit. Sekalipun demikian, alamat data memori 16 bit dapat dihasilkan melalui register DPTR (*data pointer register*).

Memori program hanya dapat dibaca, tidak bisa ditulisi (karena disimpan dalam EPROM). Memori program sebesar 64k dapat dimasukkan dalam EPROM eksternal.



Gambar 2.3 Struktur Memori Mikrokontroler MCS-51

Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 6

Sinyal yang membolehkan pembacaan dari memori program eksternal adalah dari pena \overline{PSEN} (*program store enable*). Memori data terletak pada ruang alamat terpisah dari memori program. RAM eksternal 64k dapat

dialamati dalam ruang memori data eksternal. CPU menghasilkan sinyal *read* dan *write* selama menghubungkan memori data eksternal.

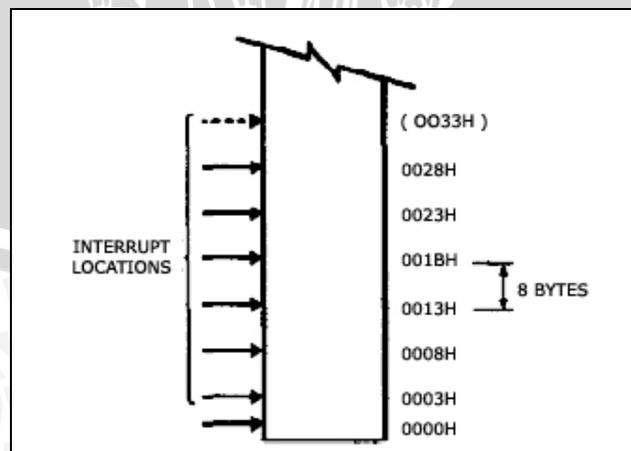
Mikrokontroler AT89C51 memiliki 5 buah ruang alamat, yaitu:

1. Ruang alamat kode (*code address space*) sebanyak 64k, yang seluruhnya merupakan ruang alamat kode eksternal (*off-chip*).
2. Ruang alamat data internal yang dapat dialamati secara langsung, yang terdiri atas:
 - RAM (*Random Access Memori*) sebanyak 128 byte.
 - *Hardware register* sebanyak 128 byte.
 - EEPROM sebanyak 4k byte.
3. Ruang alamat data internal yang dialamati secara tidak langsung sebanyak 128 byte, seluruhnya diakses dengan pengalamatan tidak langsung.
4. Ruang alamat data eksternal sebanyak 64k byte (*off-chip*) yang dapat ditambahkan oleh pemakai.
5. Ruang alamat bit yang dapat diakses dengan pengalamatan langsung.

2.1.3 Memori Program

Gambar 2.4 memperlihatkan bagian bawah dari memori program. Setelah *reset* CPU memulai eksekusi dari lokasi 0000H.

Setiap interupsi mempunyai lokasi tetap dalam memori program. Interupsi menyebabkan CPU melompat ke lokasi tersebut di mana pada lokasi tersebut terdapat sub-rutin yang harus dilaksanakan.

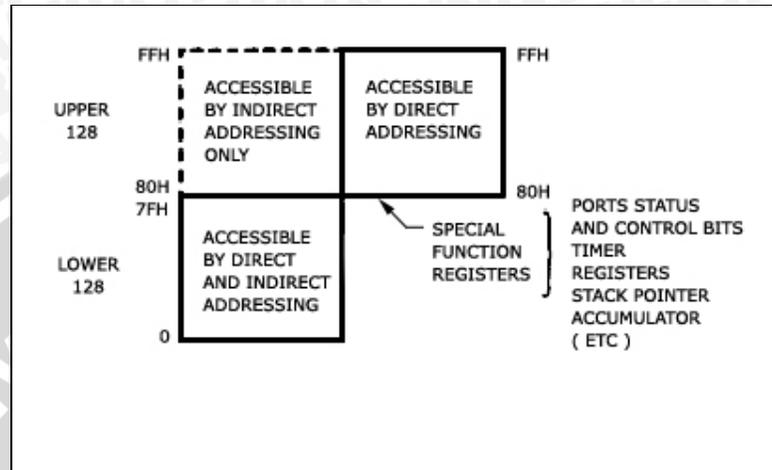


Gambar 2.4 Memori Program

Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 7

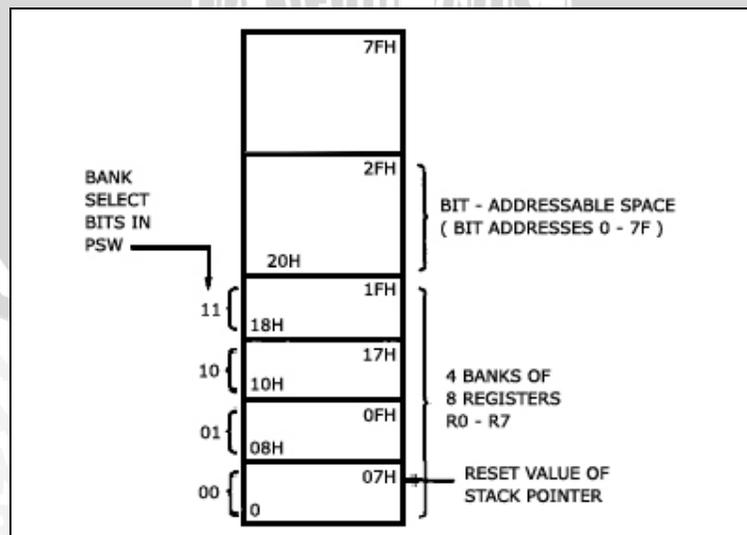
2.1.4 Memori Data

Memori data internal dipetakan seperti dalam Gambar 2.5. Ruang memorinya dibagi menjadi tiga blok, yaitu sebagai *lower* 128, *upper* 128, dan ruang SFR (*special function register*).



Gambar 2.5 Memori Data Internal
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 8

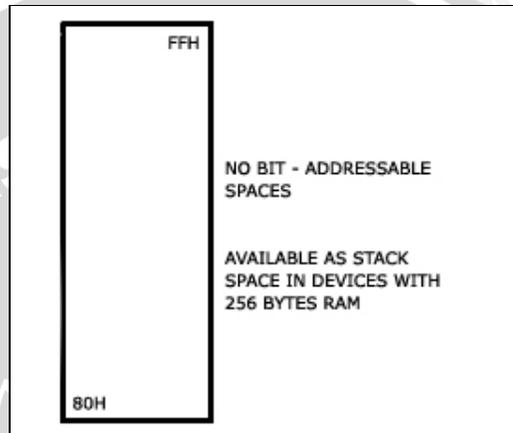
Bagian bawah dari 128 byte RAM dipetakan seperti terlihat dalam Gambar 2.6. Tiga puluh dua byte paling bawah dikelompokkan dalam 4 bank (masing-masing terdiri atas 8 register, yaitu R0 sampai R7). Dua bit dalam PSW (*program status word*) memilih register bank yang digunakan. Hal ini memungkinkan penggunaan yang lebih efisien dari ruang alamat kode, karena instruksi yang menggunakan register lebih singkat dari pada instruksi yang menggunakan pengalamatan langsung.



Gambar 2.6 Bagian Bawah 128 Byte RAM Internal
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 8

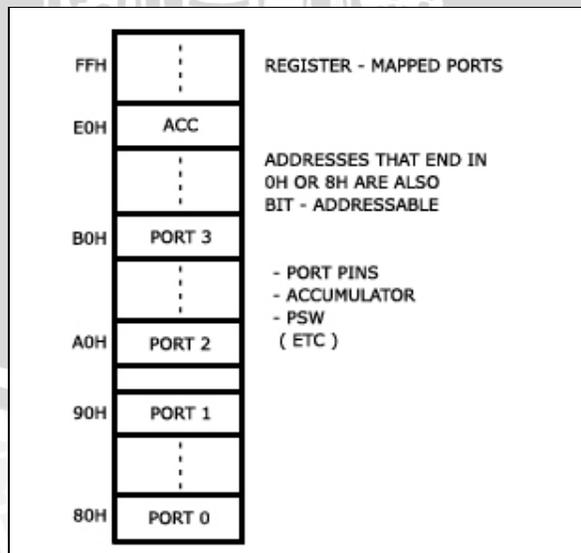
Enam belas byte di atas bank register (alamat 20h sampai 2Fh) membentuk blok ruang memori untuk pengalamatan bit. Alamat bit pada daerah ini adalah mulai 00h sampai 7Fh.

Semua byte pada bagian bawah 128 byte RAM internal dapat diakses oleh pengalamatan langsung dan tak langsung. Sedangkan bagian atas 128 byte RAM internal (Gambar 2.7) hanya dapat diakses dengan pengalamatan tak langsung.



Gambar 2.7 Bagian Atas 128 Byte RAM Internal
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 8

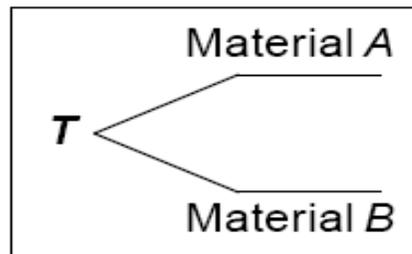
Gambar 2.8 menunjukkan ruang SFR (SFR space). SFR berisi penahan port (*port latch*), pewaktu (*timer*), pengontrol periferan, dan lain-lain. Register ini hanya dapat diakses oleh pengalamatan langsung.



Gambar 2.8 Ruang Special Function Register
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 9

2.2 Thermocouple

Thermocouple adalah sensor suhu yang terdiri dari 2 material yang berbeda. Seperti yang terlihat dalam Gambar 2.9 dimana 2 buah material yang berbeda disambung pada kedua ujungnya. Persambungan dari kedua material yang berbeda pada thermocouple biasa disebut dengan junction, junction dalam Gambar 2.9 dibawah hanya satu yaitu T. Jika ujung-ujung yang lain dari kedua material yang berbeda tersebut dihubungkan dengan voltmeter maka akan mendeteksi adanya tegangan. Secara teoritis, dua bahan konduktif tak sejenis dapat digunakan untuk membentuk thermocouple. Pada kenyataannya, bahan dan kombinasi tertentu lebih baik dari yang lainnya dan beberapa secara praktis menjadi standar untuk memberikan range suhu. Terdapat beberapa macam thermocouple, seperti dalam Tabel 2.1 di bawah ini. Selain itu juga terdapat grafik respon suhu dari beberapa thermocouple, yang terdapat dalam Gambar 2.10

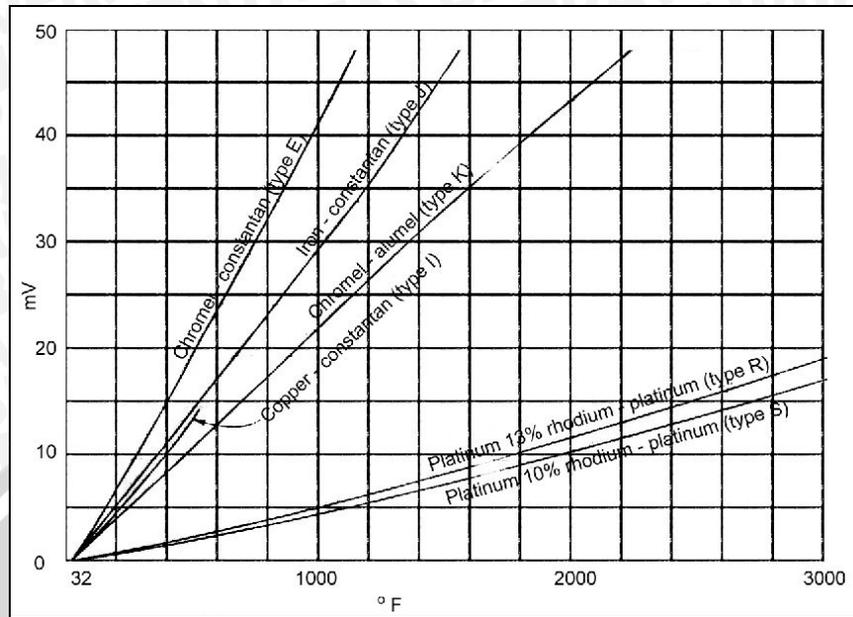


Gambar 2.9 Single junction thermocouple
Sumber : James, William, & Kenneth, 1993 : 241

Tabel 2.1 Tipe-tipe *Thermocouple*

Tipe	Bahan/Material	Kisaran Suhu
K	<i>Chromel/Alumel</i>	-200 s/d 1250
J	<i>Iron/Constantan</i>	0 s/d 750
T	<i>Copper/Constantan</i>	-200 s/d 350
E	<i>Chromel/Constantan</i>	-200 s/d 900
S	<i>Platinum/Platinum 10% Rhodium</i>	0 s/d 1450
R	<i>Platinum/Platinum 13% Rhodium</i>	0 s/d 1450

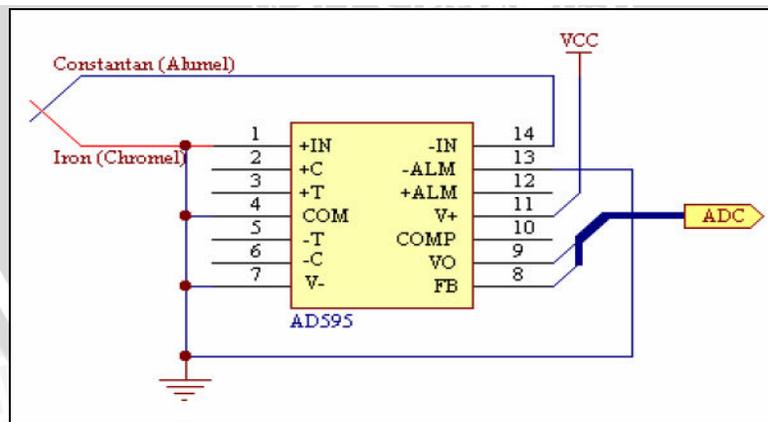
Sumber : Diefenderfer & Halton, 1994 : 480



Gambar 2.10 Grafik respon suhu *thermocouple*
 Sumber : Ernest O. Deobelin : 631

2.3 IC AD595

IC AD595 merupakan modul sensor suhu (*termocouple*). Keluaran *thermocouple* berupa tegangan tetapi tegangan keluaran *thermocouple* tidak berbanding lurus dengan perubahan suhu atau dengan kata lain tidak linier. Sehingga diperlukan komponen yang dapat melinierkan keluaran dari *thermocouple*, yaitu AD595. Gambar 2.11 menunjukkan skematik rangkaian modul sensor suhu :

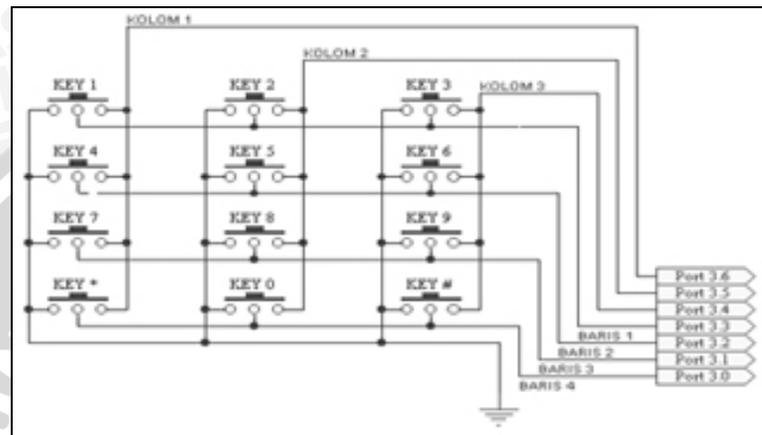


Gambar 2. 11 Modul sensor suhu
 Sumber : Datasheet IC AD595

Agar keluaran dari *Thermocouple* dapat dibaca dengan benar maka diperlukan tambahan IC yaitu AD595. Penambahan IC ini berguna untuk memperkuat sinyal keluaran dari *Thermocouple* yang sangat kecil yaitu dalam orde μV menjadi mV dan melinierkannya. Keluaran dari AD595 sebesar $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ menjadi masukan bagi ADC.

2.4 Keypad

Sebagai unit masukan sistem mikrokontroler, port 2 diantarmukakan ke rangkaian keypad. Rangkaian keypad ditunjukkan dalam Gambar 2.12. Keypad yang digunakan adalah keypad 4 baris x 3 kolom yang tersusun atas 12 buah tombol tekan yang memiliki 2 buah terminal. Masing-masing terminal dari setiap tombol tekan dihubungkan ke kelompok baris, kelompok kolom.



Gambar 2.12 Rangkaian keypad sistem mikrokontroler

2.5 Motor Stepper

2.5.1 Jenis Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada statornya sedangkan pada bagian rotornya merupakan permanen magnet. Dengan model motor seperti ini maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan berputar ke arah yang diinginkan, searah jarum jam atau sebaliknya.

Kecepatan motor stepper pada dasarnya ditentukan oleh kecepatan pemberian data pada komutatornya. Semakin cepat data yang diberikan maka motor stepper akan semakin cepat pula berputarnya. Pada kebanyakan motor stepper kecepatannya dapat diatur dalam daerah frekuensi audio dan akan menghasilkan putaran yang cukup cepat.

Tipe motor Stepper berdasarkan sifat kemagnetan stator maupun rotornya dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

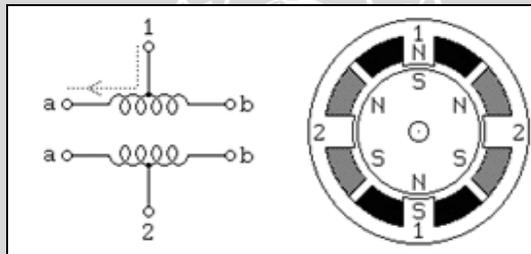
1. Motor stepper PM (*Permanent Magnet*)
2. Motor stepper VR (*Variable Reluctance*)
3. Motor stepper Hibrid

Pada tipe permanent magnet rotor terbuat dari magnet permanent. Operasi motor tipe ini dilakukan dengan pensaklaran secara bergantian. Pada motor tipe *variable reluctance* mempunyai gigi-gigi yang berpasangan dan saling berhadapan. Jumlah gigi pada rotor dan stator tidak sama, sehingga dengan prinsip bahwa susunan magnet selalu berusaha meminimalkan jarak celah dalam bidang magnetik antara gigi rotor dengan stator, maka motor dapat dioperasikan.

Tipe motor stepper berdasarkan susunan lilitannya dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Tipe Unipolar

Motor stepper dengan tipe unipolar adalah motor stepper yang mempunyai 2 buah lilitan yang masing-masing lilitan ditengah-tengahnya diberikan sebuah tap seperti dalam Gambar 2.13.

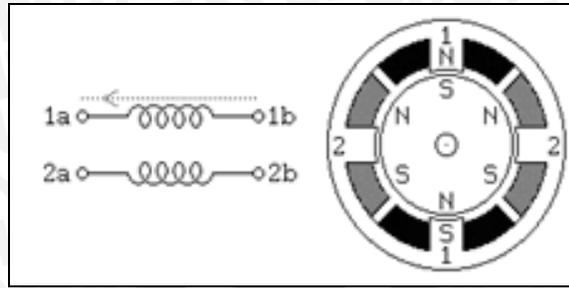


Gambar 2.13 Motor Stepper Unipolar
Sumber : Condit Reston, Douglas W. Jones, 2002 : 2

Motor ini mempunyai step tiap 30° dan mempunyai dua buah lilitan yang didistribusikan berseberangan 180° di antara kutub pada stator. Sedangkan pada rotornya menggunakan magnet permanen yang berbentuk silinder dengan mempunyai 6 buah kutub, 3 kutub selatan dan 3 buah kutub utara. Sehingga dengan konstruksi seperti ini maka jika dibutuhkan ke presisian dari motor stepper yang lebih tinggi dibutuhkan pula kutub-kutub pada stator dan rotor yang semakin banyak pula. Dalam Gambar 2.13, motor tersebut akan bergerak setiap step sebesar 30° dengan 4 bit urutan data (terdapat dua buah lilitan dengan tap, total lilitan menjadi 4 lilitan). Ketelitian dari magnet permanen di rotor dapat sampai 1.8° untuk tiap stepnya.

2. Tipe Bipolar

Motor dengan tipe bipolar ini mempunyai konstruksi yang hampir sama dengan motor stepper tipe unipolar namun tidak terdapat tap pada lilitannya, seperti tampak dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Motor Stepper Bipolar
Sumber : Condit Reston, Douglas W. Jones, 2002 : 3

Penggunaan motor dengan tipe bipolar ini membutuhkan rangkaian yang sedikit lebih rumit untuk mengatur agar motor ini dapat berputar dalam dua arah. Biasanya untuk menggerakkan motor stepper jenis ini membutuhkan sebuah driver motor yang sering dikenal sebagai H-Bridge. Rangkaian ini akan mengontrol tiap-tiap lilitan secara independent termasuk dengan polaritasnya untuk tiap-tiap lilitan.

2.5.2 Prinsip Kerja Motor Stepper Unipolar

Apabila kumparan stator diberikan pulsa maka akan menimbulkan medan magnet. Medan magnet yang terjadinya pada kumparan stator menyebabkan terjadinya tarik menarik antara kutub stator dengan kutub magnet permanent rotor yang sifatnya berlawanan (kutub utara stator menarik kutub selatan rotor). Untuk mengatur kecepatan motor stepper dilakukan dengan cara mengatur selang waktu pemberian pulsa pada kumparan stator.

Motor stepper dapat mempunyai langkah yang kecil sehingga resolusi terbesar dapat dicapai. Hubungan sudut langkah θ_n dan jumlah langkah S diberikan pada persamaan :

$$S = \frac{360}{\theta_n} \tag{2-1}$$

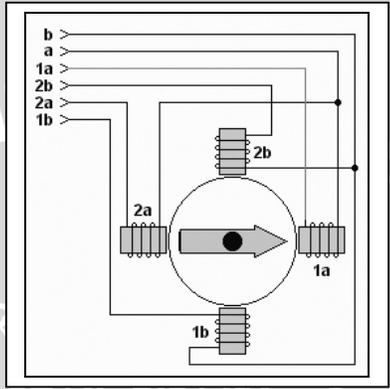
Dan kecepatan putaran motor langkah diberikan dalam jumlah perdetik dan laju langkah yaitu :

$$n = \frac{60 \cdot f}{S} \tag{2-2}$$

- dimana : n = kecepatan putar (rpm)
- f = laju langkah (Hz)
- S = jumlah langkah

Cara pemberian pulsa pada motor stepper unipolar 2- phase :

1. Memberikan arus kepada suatu kumparan satu persatu (1a,1b,2a,2b, dan seterusnya). Cara ini akan memberikan langkah penuh (full step).
2. Memberikan arus pada dua kumparan secara bergantian (1a+2a,1b+2a,2a+2b,2b+1a, dan seterusnya). Cara ini akan memberikan langkah penuh (full step)
3. Gabungan dari kedua cara akan memberikan langkah setengah (half step).



Gambar 2.15 Motor Stepper Unipolar 2-Phase
Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Tabel 2.2 Pemberian pulsa langkah penuh (full step)

Step	Lilitan				Desimal
	2b	2a	1b	1a	
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	1	0	0	4
4	1	0	0	0	8
5	0	0	0	1	1
6	0	0	1	0	2
7	0	1	0	0	4
8	1	0	0	0	8

Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Tabel 2.3 Pemberian pulsa langkah penuh (full step)

Step	Lilitan				Desimal
	2b	2a	1b	1a	
1	0	0	1	1	3
2	0	1	1	0	6
3	1	1	0	0	12
4	1	0	0	1	9
5	0	0	1	1	3
6	0	1	1	0	6
7	1	1	0	0	12
8	1	0	0	1	9

Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Tabel 2.4 Pemberian pulsa langkah setengah (half step)

Step	Lilitan				Desimal
	2b	2a	1b	1a	
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	1	3
3	0	0	1	0	2
4	0	1	1	0	6
5	0	1	0	0	4
6	1	1	0	0	12
7	1	0	0	0	8
8	1	0	0	1	9
9	0	0	0	1	1
10	0	0	1	1	3
11	0	0	1	0	2
12	0	1	1	0	6
13	0	1	0	0	4
14	1	1	0	0	12
15	1	0	0	0	8
16	1	0	0	1	9

Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Arah putaran motor stepper ditentukan sesuai dengan arah pergantian pasangan kumparan yang diberikan arus. Bila urutan pergantian awal searah dengan arah perputaran jarum jam maka urutan sebaliknya akan menghasilkan arah putaran yang berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

2.5.3 Penggerak Motor Stepper

Motor listrik merupakan suatu mesin listrik yang merubah besaran listrik menjadi besaran mekanik. Hal ini disebabkan adanya arus yang melewati konduktor yang ada pada stator motor listrik. Untuk menggerakkan motor listrik maka diperlukan arus yang cukup sebagai input dari lilitan motor. Keluaran suatu rangkaian digital pada keadaan tinggi adalah 400 μ A sedangkan pada keadaan rendah TTL mampu membenamkan arus sebesar 16 mA. Dari karakteristik TTL yang seperti itu maka untuk menggerakkan motor stepper dengan memanfaatkan keluaran TTL maka diperlukan driver motor yang berfungsi untuk memperkuat arus.

2.6 Analog to Digital Converter (ADC)

Pada dasarnya ADC mengubah sinyal input yang berupa sinyal analog menjadi keluaran digital berupa bilangan biner. Keluaran dari rangkaian sensor suhu masih

berupa besaran analog. Maka dari itu diperlukan sebuah ADC untuk mengubah besaran analog menjadi besaran digital agar bisa diproses oleh mikrokontroler.

ADC bekerja berdasarkan prinsip komparator dengan membandingkan analog V_{in} -nya dengan V_{out} DAC. Jika analog V_{in} -nya lebih besar dari V_{out} DAC maka keluaran op-amp (komparator) akan tinggi. Apabila masukan analog V_{in} -nya lebih kecil dari output DAC maka keluaran op-amp rendah. Dengan kata lain pengkonversian sinyal analog pada ADC akan terus dibandingkan sampai didapat nilai yang sesuai dengan nilai masukan yang sesungguhnya.

2.6.1. Sifat-sifat ADC

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen konverter Analog ke Digital, antara lain :

1. Resolusi

Dalam bentuk tangga sempurna, satu anak tangga (tingkat) disebut satu penambahan LSB (*Least Significant Bit*) karena satu tingkat tersebut dihasilkan oleh perubahan dalam LSB. Suatu cara mengukur kualitas konverter D/A adalah dengan resolusinya, yang menyatakan perbandingan antara penambahan LSB dan keluaran maksimum. Besaran ini diungkapkan oleh rumus [Malvino, 1989 ; 337]:

$$\text{Resolusi} = \frac{1}{2^n - 1} \quad (2.3)$$

Resolusi konverter menjadi lebih baik bilamana jumlah bit lebih besar.

2. Ketelitian

Dalam konverter D/A, ketelitian mutlak ditentukan atas dasar seberapa dekatnya setiap arus keluaran (yang terukur) dari nilai idealnya (yang diperoleh dari perhitungan teoritis atau tabel spesifikasi). Ketelitian relatif ditentukan oleh seberapa dekat tingkat keluaran konverter dari nilai presentasenya yang ideal terhadap keluaran skala penuh. Untuk sebuah konverter 4 tingkat, tingkat-tingkat keluaran ideal sebagai presentase dari keluaran skala penuhnya adalah 0, 1/15, 2/15 dan seterusnya.

3. Waktu Pemantapan

Setelah menerima suatu masukan digital, konverter D/A memerlukan waktu dalam ukuran nanodetik sampai mikrodetik guna menghasilkan keluaran yang benar. Waktu pemantapan didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk stabilisasi keluaran konverter dalam batas $\frac{1}{2}$ LSB dari

nilai akhirnya. Waktu pemantapan ini penting karena harganya menentukan batas kecepatan dalam mengubah masukan-masukan digital [Malvino, 1989 : 338].

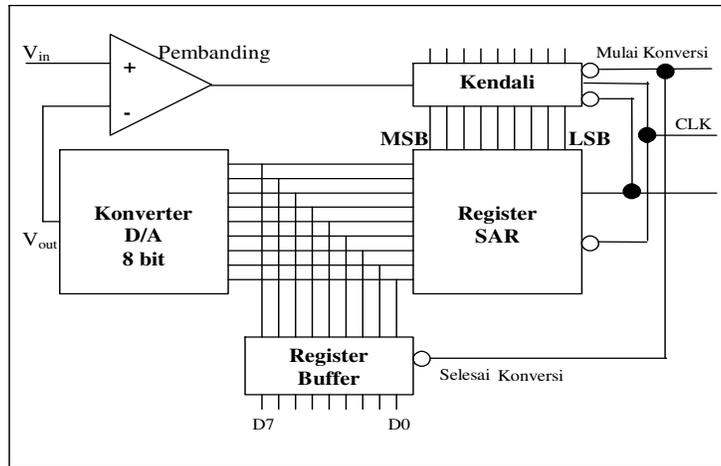
2.6.2. Metode Pendekatan

Diagram blok dari pengubah analog ke digital dengan menggunakan metode pendekatan berturut-turut diperlihatkan dalam Gambar 2.16.

Dalam Gambar 2.16, V_{in} adalah tegangan masukan analog, D_0 sampai D_7 merupakan keluaran digital. D_0 adalah LSB dan D_7 adalah MSB. Keluaran digital ini menggerakkan sebuah konverter D/A, yang menghasilkan keluaran analog V_{out} . Keluaran analog V_{out} tersebut dimasukkan ke input (-) dari pembanding (komparator) *op-amp*.

Prinsip kerja dari metode ini adalah sebagai berikut :

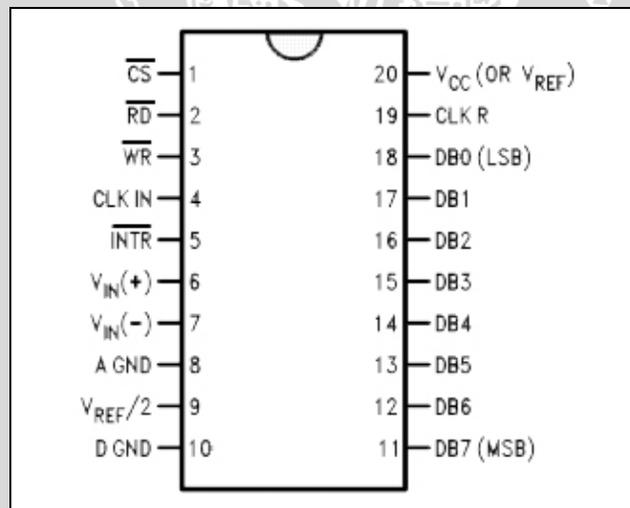
1. Bila sinyal mulai konversi diberi logika rendah, V_{out} akan menjadi nol. Ketika sinyal mulai konversi kembali tinggi terjadi konversi. Pada metode ini pencacahan tidak naik satu per satu.
2. Dengan kecepatan yang ditentukan oleh clock, unit kontrol secara terus-menerus memodifikasi bilangan biner yang disimpan didalam register. Mula-mula bit MSB (*Most Significant Bit*) dibuat tinggi sehingga menghasilkan keluaran $1000\ 0000_B$. Nilai biner ini akan diubah oleh rangkaian DAC.
3. Komparator akan membandingkan keluaran DAC dengan tegangan masukan. Jika tegangan masukan lebih tinggi, keluaran pembanding akan membuat rangkaian kontrol tetap mengaktifkan MSB, sedangkan jika masukan lebih rendah, keluaran pembanding akan membuat rangkaian kontrol me-*reset* MSB. Kejadian tersebut akan diulang untuk bit-bit berikutnya.
4. Apabila konversi telah selesai, unit kontrol akan mengirimkan sinyal selesai konversi yang menjadi rendah. Sehingga data digital pada bus data merupakan data digital yang mewakili tegangan analog pada sisi masukan.



Gambar 2.16 Konversi A/D dengan pendekatan berturut-turut
Sumber: Malvino, 1989 : 343

2.6.3 ADC 0804

ADC 0804 merupakan suatu pengubah dari besaran analog ke sandi digital dengan resolusi 8 bit dan mempergunakan metode pendekatan berturut-turut. ADC 0804 membutuhkan tegangan catu sbesar +5 volt. Gambar komponen ADC 0804 dalam kemasan DIP (*Dual Inlane Package*) dapat dilihat dalam Gambar 2.17.



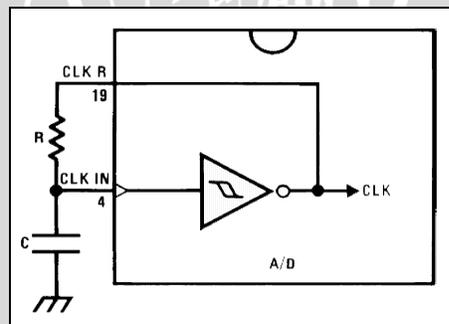
Gambar 2.17 ADC 0804
Sumber : National Semiconductor, 1999 : 1

Masukan tegangan analog (V_{in}) sesungguhnya sama dengan selisih antara tegangan-tegangan yang dihubungkan pada kedua pin masukan sehingga didapat $V_{in} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$. Kalau masukan analog berupa tegangan tunggal, tegangan ini harus dihubungkan dengan $V_{in(+)}$, sedangkan $V_{in(-)}$ harus dihubungkan ke *ground*. Untuk operasi normal, ADC 0804 bisa

menggunakan VCC sebesar +5 volt sebagai tegangan referensi. Dalam hal ini jangkauan masukan analog mulai dari 0 volt sampai dengan 5 volt (skala penuh). Sebagai tambahan, masukan referensi tegangan dapat diatur sehingga memungkinkan pengkodean rentang tegangan yang lebih kecil menjadi sebuah data dengan resolusi 8 bit. ADC 0804 memiliki internal *clock generator* yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R) antara pin CLK R dan CLK IN serta sebuah kapasitor eksternal (C) antara CLK IN dan *ground* digital seperti terlihat dalam Gambar 2.18. Frekuensi *clock* yang diperoleh pada pin CLK R adalah :

$$f = \left(\frac{1}{1,1RC} \right) \quad (2-4)$$

Kontrol dari IC ini terdiri atas CS (*Chip Select*), RD (*Read*), WR (*Write*), dan INTR (*Interrupt*) dimana masing- masing kontrol aktif pada logika 0. *Chip Select* (CS) berfungsi untuk membuka keluaran pin 11 sampai dengan pin 18. *Read* (RD) berfungsi agar konversi segera dilakukan. *Write* (WR) digunakan untuk mereset ADC menjadi keadaan awal sehingga ADC siap mengkonversi kembali. *Interrupt* (INTR) berfungsi sebagai tanda bahwa pengkonversian telah selesai.



Gambar 2.18 Clock eksternal ADC 0804
Sumber : National Semiconductor, 1999 : 23

2.7 Penampil Kristal Cair (*Liquid Crystal Display/ LCD*)

Penampil kristal ini terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca yang sampingnya tertutup rapat. Antar dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*Liquid Crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar dari masing-masing keping kaca mempunyai lapisan penghantar tembus cahaya seperti oksida timah (*Tin Oxide*) atau oksida indium (*Indium Oxide*). Sel mempunyai ketebalan sekitar $1 \times 10^{-5} \text{m}$ dan diisi dengan kristal cair. *Liquid* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya

yang relatif rendah dan terdapat suatu modul kontroler CMOS di dalamnya. Kontroler tersebut sebagai pembangkit dari karakter ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu unit mikrokontroler. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa data bus yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendali dot matriks LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah ada di modul LCD.

BAB II DASAR TEORI

Secara umum, oven adalah alat yang berfungsi untuk mengeringkan atau memanggang obyek dengan suhu dan waktu tertentu. Dalam skripsi ini menggunakan kompor gas sebagai pemanggang dan roti yang akan dimasak menggunakan suhu antara 50°C-250°C. Pada proses pemanggangan roti, suhu harus benar-benar diperhatikan untuk memperoleh hasil yang maksimal. Pada saat pemanggangan, suhu harus dijaga agar tetap stabil. Hal ini bertujuan agar panas merata dan makanan matang seluruhnya baik pada bagian dalam maupun luarnya (Anonymous, www.bogasari.net, 2003).

Secara umum jenis pemanggangan menurut suhu dan kelompok jenis makanan dibagi menjadi tiga, yaitu:

- Oven dengan api kecil memiliki range suhu 150°C-160°C cocok untuk memanggang kue kering.
- Oven dengan api sedang memiliki range 180°C-190°C cocok untuk memanggang *cake* dan kue.
- Oven dengan api besar memiliki range suhu 200°C-220°C cocok untuk memanggang roti dan pizza.

Panas yang tidak sesuai dan tidak merata akan menyebabkan makanan yang dipanggang menjadi bantat atau justru hangus (Sufi S.Y,1999:14)

Dalam skripsi ini, direncanakan sistem akan dikendalikan oleh mikrokontroler dengan komponen pendukung lainnya seperti Termocouple sebagai sensor suhu, motor stepper sebagai pengendali besar kecilnya api, ADC sebagai pengkonversi sinyal-sinyal dari *thermocouple* ke dalam bentuk digital.

2.8 Mikrokontroler AT89C51

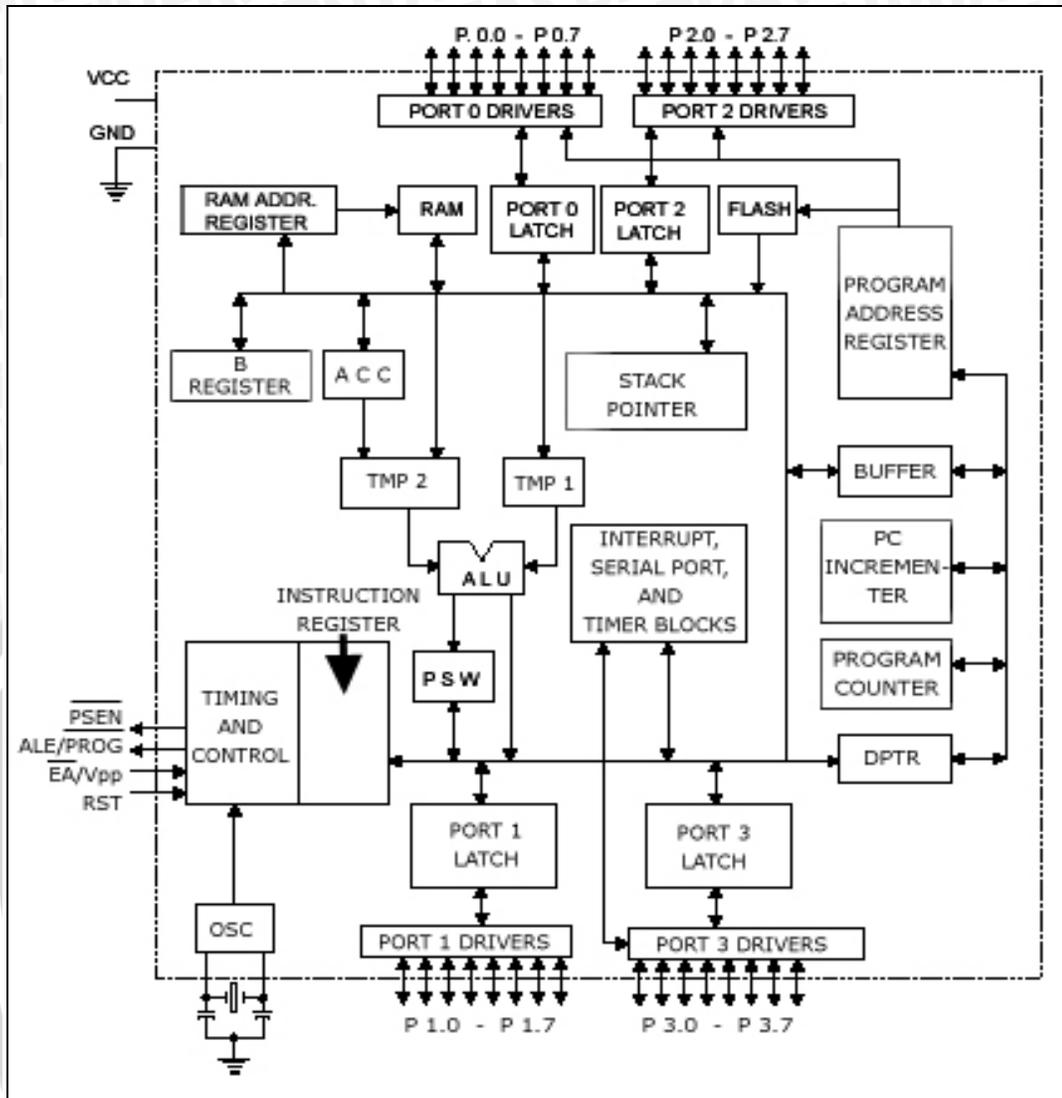
Mikrokontroler AT89C51 mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler MCS-51, mikrokontroler MCS-51 merupakan komponen yang berorientasi pada kontrol (*microcontroller*), dan oleh Intel diklasifikasikan dalam kelompok *embedded microcontroller*, yang berarti dapat diprogram ulang (*reprogrammable*).

kelompok *embedded microcontroller*, yang berarti dapat diprogram ulang (*reprogrammable*).

Secara umum keistimewaan yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89C51 adalah:

- Sebuah CPU (*Central Processing Unit*) dengan lebar data 8-bit untuk aplikasi kontrol.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- RAM internal 128 byte (*on chip*).
- EEPROM internal 4 Kbyte (*on chip*).
- Empat buah programmable port I/O, masing-masing terdiri atas 8 buah jalur I/O.
- Dua buah pencacah (*counter*) atau pewaktu (*timer*) 16-bit.
- Lima buah jalur interupsi (2 buah interupsi eksternal dan 3 buah interupsi internal).
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian dan operasi boolean (bit).

Dengan keistimewaan tersebut, pembuatan alat menggunakan mikrokontroler AT89C51 menjadi lebih sederhana, ekonomis dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Boleh dikatakan mikrokontroler ini mempunyai keistimewaan dari segi perangkat keras. Adapun blok diagram dari mikrokontroler AT 89C51 diperlihatkan dalam Gambar 2.1



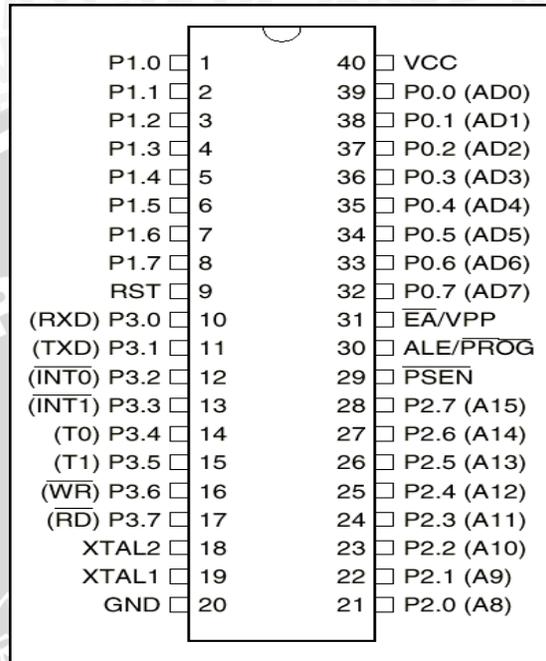
Gambar 2.1 Blok Diagram Mikrokontroler AT89C51
Sumber : Datasheet AT89C51,Atmel, 1998 : 2

2.1.1 Susunan Pena-pena Mikrokontroler AT89C51

Susunan pena-pena Mikrokontroler AT89C51 diperlihatkan dalam Gambar 2.2. Penjelasan dari masing-masing pena adalah sebagai berikut:

- Pena 1 sampai 8 (Port 1) merupakan port paralel 8-bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (*general purpose*).
- Pena 9 (*Reset*) adalah masukan *reset* (aktif tinggi). Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan me-*reset* AT89C51.
- Pena 10 sampai 17 (Port 3) adalah port paralel 8-bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TxD (*Transmit*

Data), RxD (Receive Data), \overline{INT}_0 (Interrupt 0), \overline{INT}_1 (Interrupt 1), T0 (Timer 0), T1 (Timer 1), \overline{WR} (Write), dan \overline{RD} (Read). Bila fungsi pengganti tidak dipakai, pena-pena ini dapat digunakan sebagai port paralel 8-bit serbaguna.



Gambar 2.2 Susunan Pena (kaki) Mikrokontroler AT89C51
Sumber : Datasheet AT89C51, Atmel, 1998 : 1

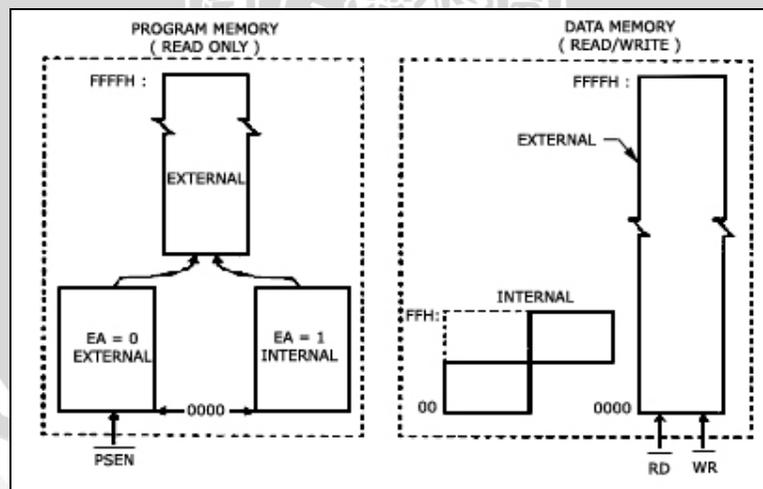
- Pena 18 (XTAL 1) adalah pena masukan ke rangkaian osilator internal. Sebuah osilator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan.
- Pena 19 (XTAL 2) adalah pena keluaran ke rangkaian osilator internal. Pena ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- Pena 20 (Ground) dihubungkan ke Vss atau ground.
- Pena 21 sampai 28 (Port 2) adalah port paralel 2 (P2) selebar 8-bit dua arah (bidirectional). Port 2 ini mengirimkan byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal.
- Pena 29 adalah pena \overline{PSEN} (program store enable) yang merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian/pengambilan instruksi (fetching).
- Pena 30 adalah pena ALE (Address Latch Enable) yang digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.

- Pena 31 adalah pena \overline{EA} (External Access Enable). Bila pena ini diberi logika tinggi (H), Mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM ketika isi program counter kurang dari 4096. Bila diberi logika rendah (L), Mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori program luar.
- Pena 32 sampai 39 (Port 0) merupakan port paralel 8-bit open drain dua arah. Bila digunakan untuk mengakses memori luar, port ini akan memultipleks alamat memori dengan data.
- Pena 40 (Vcc) dihubungkan ke Vcc (+5 volt).

2.1.2 Organisasi Memori

Semua mikrokontroler dalam keluarga MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat (*address space*) untuk program dan data seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Pemisahan memori program dan memori data membolehkan memori data untuk diakses oleh alamat 8-bit. Sekalipun demikian, alamat data memori 16 bit dapat dihasilkan melalui register DPTR (*data pointer register*).

Memori program hanya dapat dibaca, tidak bisa ditulisi (karena disimpan dalam EPROM). Memori program sebesar 64k dapat dimasukkan dalam EPROM eksternal.



Gambar 2.3 Struktur Memori Mikrokontroler MCS-51

Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 6

Sinyal yang membolehkan pembacaan dari memori program eksternal adalah dari pena \overline{PSEN} (*program store enable*). Memori data terletak pada ruang alamat terpisah dari memori program. RAM eksternal 64k dapat

dialamati dalam ruang memori data eksternal. CPU menghasilkan sinyal *read* dan *write* selama menghubungkan memori data eksternal.

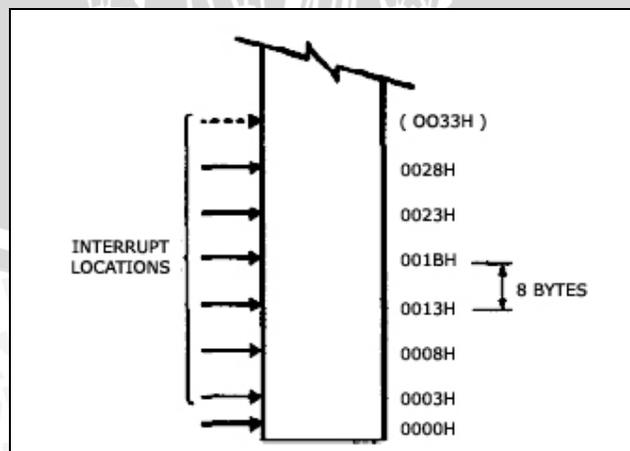
Mikrokontroler AT89C51 memiliki 5 buah ruang alamat, yaitu:

6. Ruang alamat kode (*code address space*) sebanyak 64k, yang seluruhnya merupakan ruang alamat kode eksternal (*off-chip*).
7. Ruang alamat data internal yang dapat dialamati secara langsung, yang terdiri atas:
 - RAM (*Random Access Memori*) sebanyak 128 byte.
 - *Hardware register* sebanyak 128 byte.
 - EEPROM sebanyak 4k byte.
8. Ruang alamat data internal yang dialamati secara tidak langsung sebanyak 128 byte, seluruhnya diakses dengan pengalamatan tidak langsung.
9. Ruang alamat data eksternal sebanyak 64k byte (*off-chip*) yang dapat ditambahkan oleh pemakai.
10. Ruang alamat bit yang dapat diakses dengan pengalamatan langsung.

2.1.3 Memori Program

Gambar 2.4 memperlihatkan bagian bawah dari memori program. Setelah *reset* CPU memulai eksekusi dari lokasi 0000H.

Setiap interupsi mempunyai lokasi tetap dalam memori program. Interupsi menyebabkan CPU melompat ke lokasi tersebut di mana pada lokasi tersebut terdapat sub-rutin yang harus dilaksanakan.

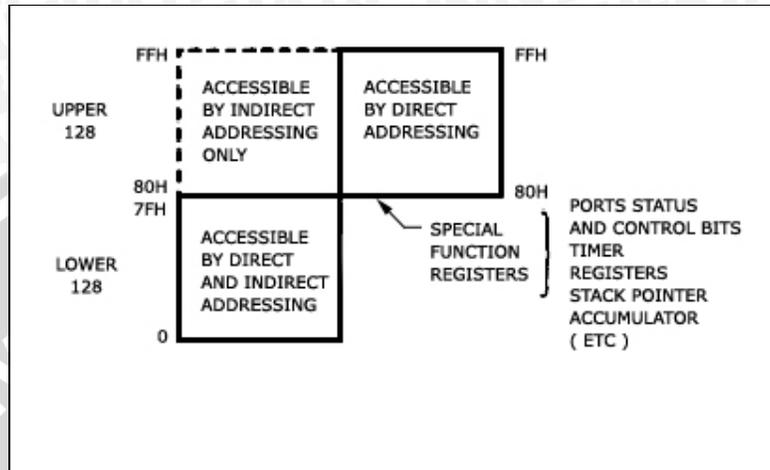


Gambar 2.4 Memori Program

Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 7

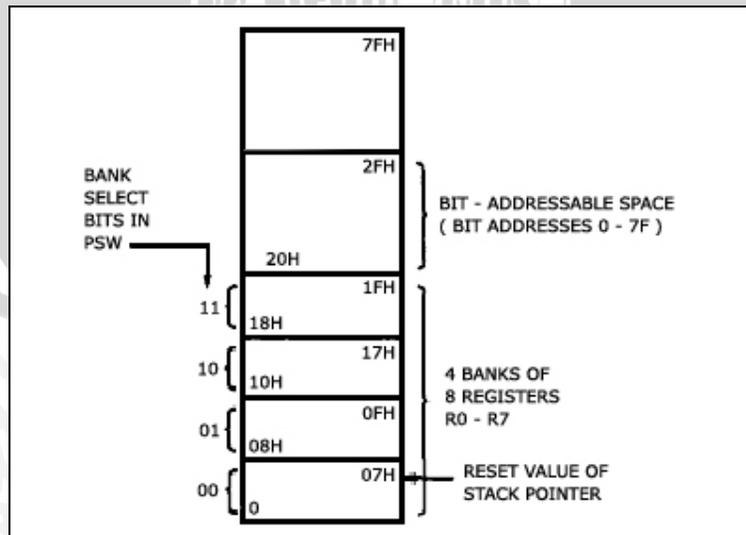
2.1.4 Memori Data

Memori data internal dipetakan seperti dalam Gambar 2.5. Ruang memorinya dibagi menjadi tiga blok, yaitu sebagai *lower* 128, *upper* 128, dan ruang SFR (*special function register*).



Gambar 2.5 Memori Data Internal
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 8

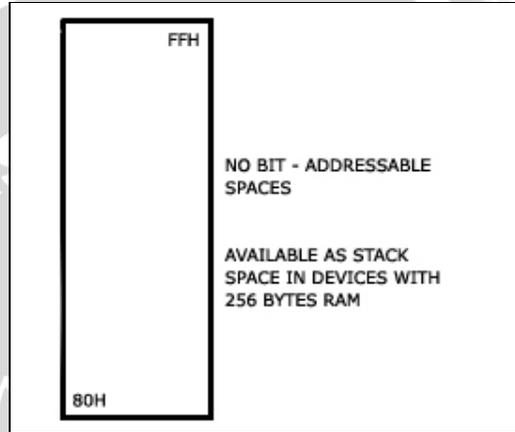
Bagian bawah dari 128 byte RAM dipetakan seperti terlihat dalam Gambar 2.6. Tiga puluh dua byte paling bawah dikelompokkan dalam 4 bank (masing-masing terdiri atas 8 register, yaitu R0 sampai R7). Dua bit dalam PSW (*program status word*) memilih register bank yang digunakan. Hal ini memungkinkan penggunaan yang lebih efisien dari ruang alamat kode, karena instruksi yang menggunakan register lebih singkat dari pada instruksi yang menggunakan pengalamatan langsung.



Gambar 2.6 Bagian Bawah 128 Byte RAM Internal
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 8

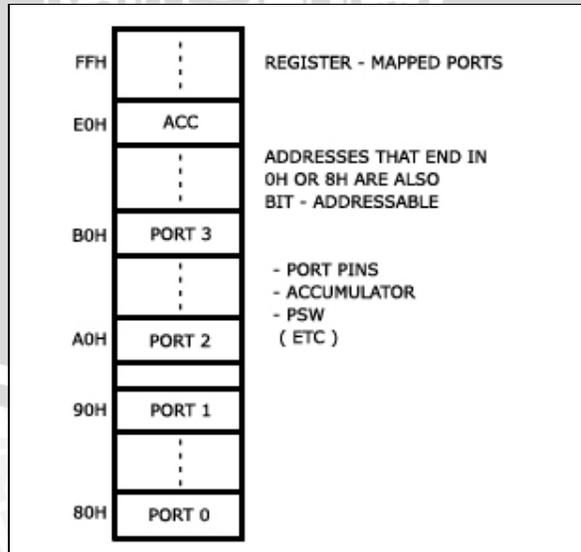
Enam belas byte di atas bank register (alamat 20h sampai 2Fh) membentuk blok ruang memori untuk pengalamatan bit. Alamat bit pada daerah ini adalah mulai 00h sampai 7Fh.

Semua byte pada bagian bawah 128 byte RAM internal dapat diakses oleh pengalamatan langsung dan tak langsung. Sedangkan bagian atas 128 byte RAM internal (Gambar 2.7) hanya dapat diakses dengan pengalamatan tak langsung.



Gambar 2.7 Bagian Atas 128 Byte RAM Internal
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 8

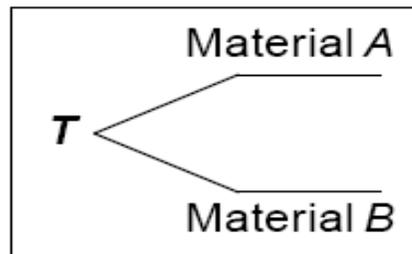
Gambar 2.8 menunjukkan ruang SFR (SFR space). SFR berisi penahan port (*port latch*), pewaktu (*timer*), pengontrol periferan, dan lain-lain. Register ini hanya dapat diakses oleh pengalamatan langsung.



Gambar 2.8 Ruang Special Function Register
Sumber : MCS-51 Microcontroller User's Manual, Intel, 1998 : 9

2.9 Thermocouple

Thermocouple adalah sensor suhu yang terdiri dari 2 material yang berbeda. Seperti yang terlihat dalam Gambar 2.9 dimana 2 buah material yang berbeda disambung pada kedua ujungnya. Persambungan dari kedua material yang berbeda pada thermocouple biasa disebut dengan junction, junction dalam Gambar 2.9 dibawah hanya satu yaitu T. Jika ujung-ujung yang lain dari kedua material yang berbeda tersebut dihubungkan dengan voltmeter maka akan mendeteksi adanya tegangan. Secara teoritis, dua bahan konduktif tak sejenis dapat digunakan untuk membentuk thermocouple. Pada kenyataannya, bahan dan kombinasi tertentu lebih baik dari yang lainnya dan beberapa secara praktis menjadi standar untuk memberikan range suhu. Terdapat beberapa macam thermocouple, seperti dalam Tabel 2.1 di bawah ini. Selain itu juga terdapat grafik respon suhu dari beberapa thermocouple, yang terdapat dalam Gambar 2.10

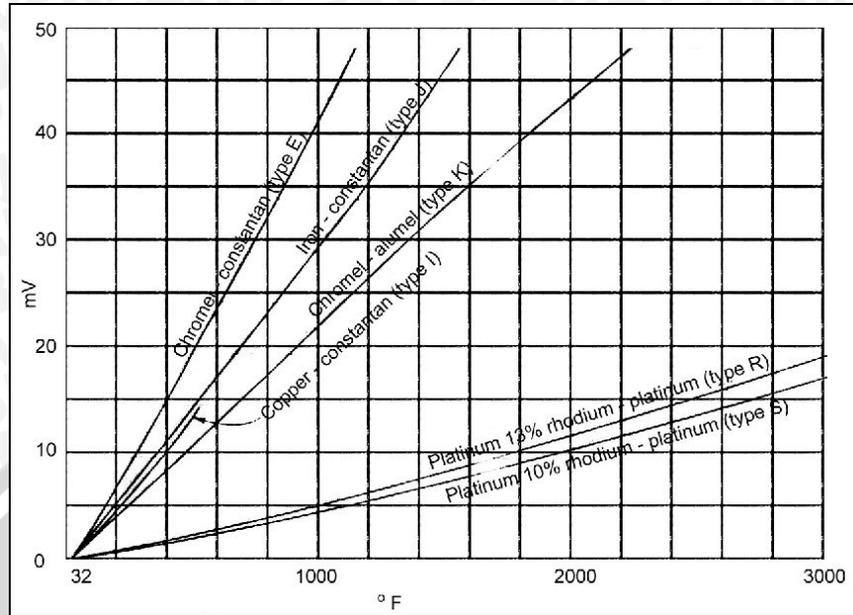


Gambar 2.9 Single junction thermocouple
Sumber : James, William, & Kenneth, 1993 : 241

Tabel 2.1 Tipe-tipe *Thermocouple*

Tipe	Bahan/Material	Kisaran Suhu
K	<i>Chromel/Alumel</i>	-200 s/d 1250
J	<i>Iron/Constantan</i>	0 s/d 750
T	<i>Copper/Constantan</i>	-200 s/d 350
E	<i>Chromel/Constantan</i>	-200 s/d 900
S	<i>Platinum/Platinum 10% Rhodium</i>	0 s/d 1450
R	<i>Platinum/Platinum 13% Rhodium</i>	0 s/d 1450

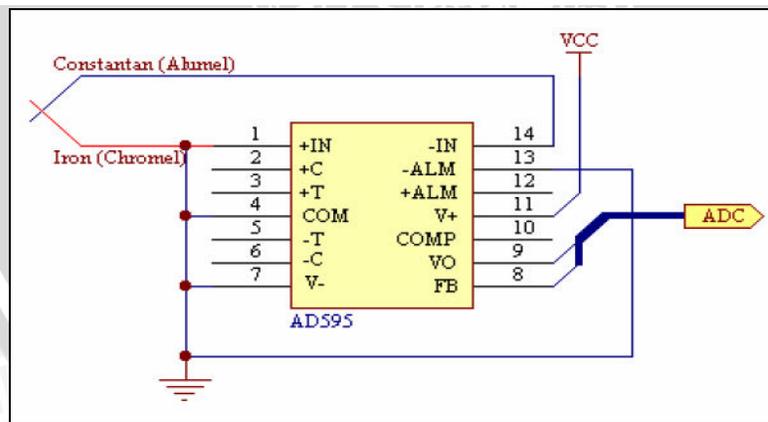
Sumber : Diefenderfer & Halton, 1994 : 480



Gambar 2.10 Grafik respon suhu *thermocouple*
 Sumber : Ernest O. Deobelin : 631

2.10 IC AD595

IC AD595 merupakan modul sensor suhu (*termocouple*). Keluaran *thermocouple* berupa tegangan tetapi tegangan keluaran *thermocouple* tidak berbanding lurus dengan perubahan suhu atau dengan kata lain tidak linier. Sehingga diperlukan komponen yang dapat melinierkan keluaran dari *thermocouple*, yaitu AD595. Gambar 2.11 menunjukkan skematik rangkaian modul sensor suhu :

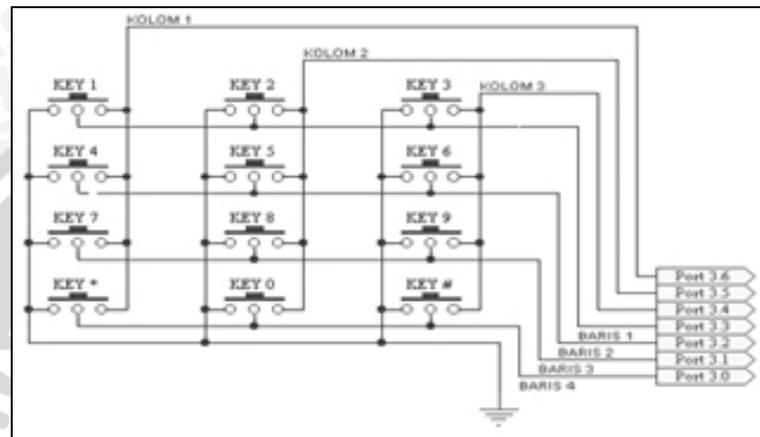


Gambar 2. 11 Modul sensor suhu
 Sumber : Datasheet IC AD595

Agar keluaran dari *Thermocouple* dapat dibaca dengan benar maka diperlukan tambahan IC yaitu AD595. Penambahan IC ini berguna untuk memperkuat sinyal keluaran dari *Thermocouple* yang sangat kecil yaitu dalam orde μV menjadi mV dan melinierkannya. Keluaran dari AD595 sebesar $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ menjadi masukan bagi ADC.

2.11 Keypad

Sebagai unit masukan sistem mikrokontroler, port 2 diantarmukakan ke rangkaian keypad. Rangkaian keypad ditunjukkan dalam Gambar 2.12. Keypad yang digunakan adalah keypad 4 baris x 3 kolom yang tersusun atas 12 buah tombol tekan yang memiliki 2 buah terminal. Masing-masing terminal dari setiap tombol tekan dihubungkan ke kelompok baris, kelompok kolom.



Gambar 2.12 Rangkaian keypad sistem mikrokontroler

2.12 Motor Stepper

2.5.4 Jenis Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada statornya sedangkan pada bagian rotornya merupakan permanen magnet. Dengan model motor seperti ini maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan berputar ke arah yang diinginkan, searah jarum jam atau sebaliknya.

Kecepatan motor stepper pada dasarnya ditentukan oleh kecepatan pemberian data pada komutatornya. Semakin cepat data yang diberikan maka motor stepper akan semakin cepat pula berputarnya. Pada kebanyakan motor stepper kecepatannya dapat diatur dalam daerah frekuensi audio dan akan menghasilkan putaran yang cukup cepat.

Tipe motor Stepper berdasarkan sifat kemagnetan stator maupun rotornya dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

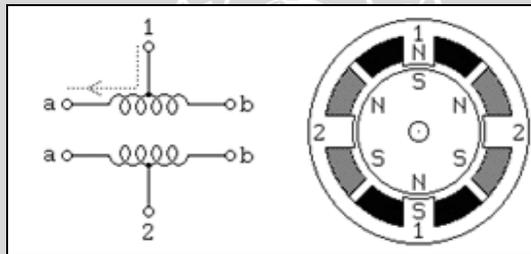
1. Motor stepper PM (*Permanent Magnet*)
2. Motor stepper VR (*Variable Reluctance*)
3. Motor stepper Hibrid

Pada tipe permanent magnet rotor terbuat dari magnet permanent. Operasi motor tipe ini dilakukan dengan pensaklaran secara bergantian. Pada motor tipe *variable reluctance* mempunyai gigi-gigi yang berpasangan dan saling berhadapan. Jumlah gigi pada rotor dan stator tidak sama, sehingga dengan prinsip bahwa susunan magnet selalu berusaha meminimalkan jarak celah dalam bidang magnetik antara gigi rotor dengan stator, maka motor dapat dioperasikan.

Tipe motor stepper berdasarkan susunan lilitannya dibedakan menjadi dua yaitu:

3. Tipe Unipolar

Motor stepper dengan tipe unipolar adalah motor stepper yang mempunyai 2 buah lilitan yang masing-masing lilitan ditengah-tengahnya diberikan sebuah tap seperti dalam Gambar 2.13.

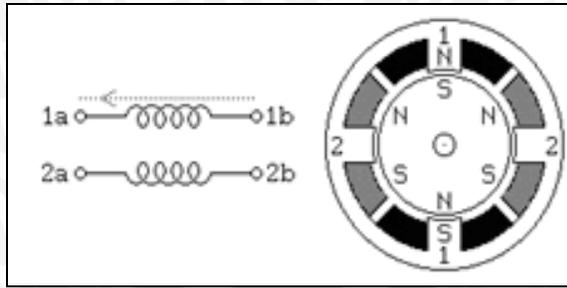


Gambar 2.13 Motor Stepper Unipolar
Sumber : Condit Reston, Douglas W. Jones, 2002 : 2

Motor ini mempunyai step tiap 30° dan mempunyai dua buah lilitan yang didistribusikan berseberangan 180° di antara kutub pada stator. Sedangkan pada rotornya menggunakan magnet permanen yang berbentuk silinder dengan mempunyai 6 buah kutub, 3 kutub selatan dan 3 buah kutub utara. Sehingga dengan konstruksi seperti ini maka jika dibutuhkan ke presisian dari motor stepper yang lebih tinggi dibutuhkan pula kutub-kutub pada stator dan rotor yang semakin banyak pula. Dalam Gambar 2.13, motor tersebut akan bergerak setiap step sebesar 30° dengan 4 bit urutan data (terdapat dua buah lilitan dengan tap, total lilitan menjadi 4 lilitan). Ketelitian dari magnet permanen di rotor dapat sampai 1.8° untuk tiap stepnya.

4. Tipe Bipolar

Motor dengan tipe bipolar ini mempunyai konstruksi yang hampir sama dengan motor stepper tipe unipolar namun tidak terdapat tap pada lilitannya, seperti tampak dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Motor Stepper Bipolar
Sumber : Condit Reston, Douglas W. Jones, 2002 : 3

Penggunaan motor dengan tipe bipolar ini membutuhkan rangkaian yang sedikit lebih rumit untuk mengatur agar motor ini dapat berputar dalam dua arah. Biasanya untuk menggerakkan motor stepper jenis ini membutuhkan sebuah driver motor yang sering dikenal sebagai H-Bridge. Rangkaian ini akan mengontrol tiap-tiap lilitan secara independent termasuk dengan polaritasnya untuk tiap-tiap lilitan.

2.5.5 Prinsip Kerja Motor Stepper Unipolar

Apabila kumparan stator diberikan pulsa maka akan menimbulkan medan magnet. Medan magnet yang terjadinya pada kumparan stator menyebabkan terjadinya tarik menarik antara kutub stator dengan kutub magnet permanent rotor yang sifatnya berlawanan (kutub utara stator menarik kutub selatan rotor). Untuk mengatur kecepatan motor stepper dilakukan dengan cara mengatur selang waktu pemberian pulsa pada kumparan stator.

Motor stepper dapat mempunyai langkah yang kecil sehingga resolusi terbesar dapat dicapai. Hubungan sudut langkah θ_n dan jumlah langkah S diberikan pada persamaan :

$$S = \frac{360}{\theta_n} \tag{2-1}$$

Dan kecepatan putaran motor langkah diberikan dalam jumlah perdetik dan laju langkah yaitu :

$$n = \frac{60 \cdot f}{S} \tag{2-2}$$

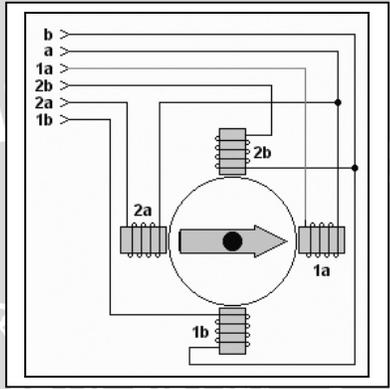
dimana : n = kecepatan putar (rpm)

f = laju langkah (Hz)

S = jumlah langkah

Cara pemberian pulsa pada motor stepper unipolar 2- phase :

4. Memberikan arus kepada suatu kumparan satu persatu (1a,1b,2a,2b, dan seterusnya). Cara ini akan memberikan langkah penuh (full step).
5. Memberikan arus pada dua kumparan secara bergantian (1a+2a,1b+2a,2a+2b,2b+1a, dan seterusnya). Cara ini akan memberikan langkah penuh (full step)
6. Gabungan dari kedua cara akan memberikan langkah setengah (half step).



Gambar 2.15 Motor Stepper Unipolar 2-Phase
Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Tabel 2.2 Pemberian pulsa langkah penuh (full step)

Step	Lilitan				Desimal
	2b	2a	1b	1a	
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	1	0	0	4
4	1	0	0	0	8
5	0	0	0	1	1
6	0	0	1	0	2
7	0	1	0	0	4
8	1	0	0	0	8

Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Tabel 2.3 Pemberian pulsa langkah penuh (full step)

Step	Lilitan				Desimal
	2b	2a	1b	1a	
1	0	0	1	1	3
2	0	1	1	0	6
3	1	1	0	0	12
4	1	0	0	1	9
5	0	0	1	1	3
6	0	1	1	0	6
7	1	1	0	0	12
8	1	0	0	1	9

Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Tabel 2.4 Pemberian pulsa langkah setengah (half step)

Step	Lilitan				Desimal
	2b	2a	1b	1a	
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	1	3
3	0	0	1	0	2
4	0	1	1	0	6
5	0	1	0	0	4
6	1	1	0	0	12
7	1	0	0	0	8
8	1	0	0	1	9
9	0	0	0	1	1
10	0	0	1	1	3
11	0	0	1	0	2
12	0	1	1	0	6
13	0	1	0	0	4
14	1	1	0	0	12
15	1	0	0	0	8
16	1	0	0	1	9

Sumber : Jason Johnson, 1998, www.eio.com/jasstep.htm

Arah putaran motor stepper ditentukan sesuai dengan arah pergantian pasangan kumparan yang diberikan arus. Bila urutan pergantian awal searah dengan arah perputaran jarum jam maka urutan sebaliknya akan menghasilkan arah putaran yang berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

2.5.6 Penggerak Motor Stepper

Motor listrik merupakan suatu mesin listrik yang merubah besaran listrik menjadi besaran mekanik. Hal ini disebabkan adanya arus yang melewati konduktor yang ada pada stator motor listrik. Untuk menggerakkan motor listrik maka diperlukan arus yang cukup sebagai input dari lilitan motor. Keluaran suatu rangkaian digital pada keadaan tinggi adalah 400 μ A sedangkan pada keadaan rendah TTL mampu membenamkan arus sebesar 16 mA. Dari karakteristik TTL yang seperti itu maka untuk menggerakkan motor stepper dengan memanfaatkan keluaran TTL maka diperlukan driver motor yang berfungsi untuk memperkuat arus.

2.13 Analog to Digital Converter (ADC)

Pada dasarnya ADC mengubah sinyal input yang berupa sinyal analog menjadi keluaran digital berupa bilangan biner. Keluaran dari rangkaian sensor suhu masih

berupa besaran analog. Maka dari itu diperlukan sebuah ADC untuk mengubah besaran analog menjadi besaran digital agar bisa diproses oleh mikrokontroler.

ADC bekerja berdasarkan prinsip komparator dengan membandingkan analog V_{in} -nya dengan V_{out} DAC. Jika analog V_{in} -nya lebih besar dari V_{out} DAC maka keluaran op-amp (komparator) akan tinggi. Apabila masukan analog V_{in} -nya lebih kecil dari output DAC maka keluaran op-amp rendah. Dengan kata lain pengkonversian sinyal analog pada ADC akan terus dibandingkan sampai didapat nilai yang sesuai dengan nilai masukan yang sesungguhnya.

2.6.1. Sifat-sifat ADC

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen konverter Analog ke Digital, antara lain :

4. Resolusi

Dalam bentuk tangga sempurna, satu anak tangga (tingkat) disebut satu penambahan LSB (*Least Significant Bit*) karena satu tingkat tersebut dihasilkan oleh perubahan dalam LSB. Suatu cara mengukur kualitas konverter D/A adalah dengan resolusinya, yang menyatakan perbandingan antara penambahan LSB dan keluaran maksimum. Besaran ini diungkapkan oleh rumus [Malvino, 1989 ; 337]:

$$\text{Resolusi} = \frac{1}{2^n - 1} \quad (2.3)$$

Resolusi konverter menjadi lebih baik bilamana jumlah bit lebih besar.

5. Ketelitian

Dalam konverter D/A, ketelitian mutlak ditentukan atas dasar seberapa dekatnya setiap arus keluaran (yang terukur) dari nilai idealnya (yang diperoleh dari perhitungan teoritis atau tabel spesifikasi). Ketelitian relatif ditentukan oleh seberapa dekat tingkat keluaran konverter dari nilai presentasenya yang ideal terhadap keluaran skala penuh. Untuk sebuah konverter 4 tingkat, tingkat-tingkat keluaran ideal sebagai presentase dari keluaran skala penuhnya adalah 0, 1/15, 2/15 dan seterusnya.

6. Waktu Pemantapan

Setelah menerima suatu masukan digital, konverter D/A memerlukan waktu dalam ukuran nanodetik sampai mikrodetik guna menghasilkan keluaran yang benar. Waktu pemantapan didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk stabilisasi keluaran konverter dalam batas $\frac{1}{2}$ LSB dari

nilai akhirnya. Waktu pemantapan ini penting karena harganya menentukan batas kecepatan dalam mengubah masukan-masukan digital [Malvino, 1989 : 338].

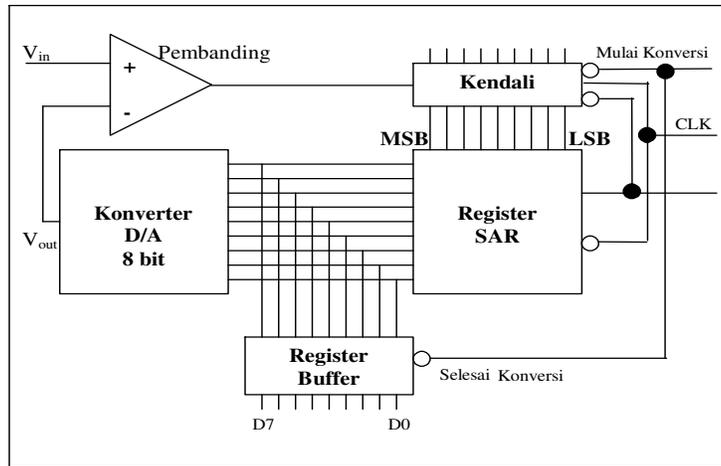
2.6.2. Metode Pendekatan

Diagram blok dari pengubah analog ke digital dengan menggunakan metode pendekatan berturut-turut diperlihatkan dalam Gambar 2.16.

Dalam Gambar 2.16, V_{in} adalah tegangan masukan analog, D_0 sampai D_7 merupakan keluaran digital. D_0 adalah LSB dan D_7 adalah MSB. Keluaran digital ini menggerakkan sebuah konverter D/A, yang menghasilkan keluaran analog V_{out} . Keluaran analog V_{out} tersebut dimasukkan ke input (-) dari pembanding (komparator) *op-amp*.

Prinsip kerja dari metode ini adalah sebagai berikut :

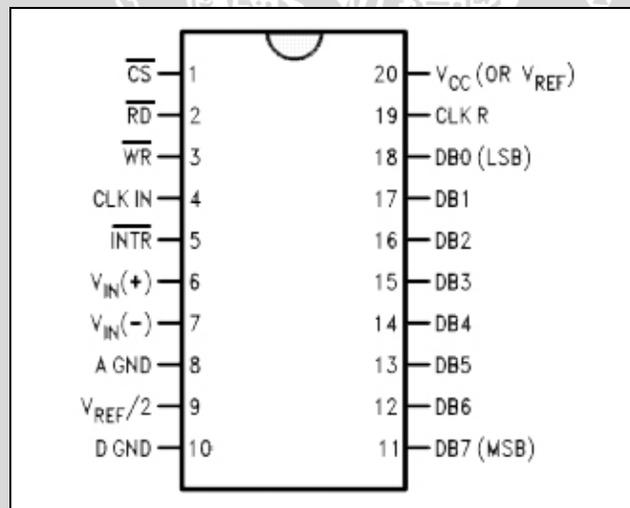
5. Bila sinyal mulai konversi diberi logika rendah, V_{out} akan menjadi nol. Ketika sinyal mulai konversi kembali tinggi terjadi konversi. Pada metode ini pencacahan tidak naik satu per satu.
6. Dengan kecepatan yang ditentukan oleh clock, unit kontrol secara terus-menerus memodifikasi bilangan biner yang disimpan didalam register. Mula-mula bit MSB (*Most Significant Bit*) dibuat tinggi sehingga menghasilkan keluaran $1000\ 0000_B$. Nilai biner ini akan diubah oleh rangkaian DAC.
7. Komparator akan membandingkan keluaran DAC dengan tegangan masukan. Jika tegangan masukan lebih tinggi, keluaran pembanding akan membuat rangkaian kontrol tetap mengaktifkan MSB, sedangkan jika masukan lebih rendah, keluaran pembanding akan membuat rangkaian kontrol me-*reset* MSB. Kejadian tersebut akan diulang untuk bit-bit berikutnya.
8. Apabila konversi telah selesai, unit kontrol akan mengirimkan sinyal selesai konversi yang menjadi rendah. Sehingga data digital pada bus data merupakan data digital yang mewakili tegangan analog pada sisi masukan.



Gambar 2.16 Konversi A/D dengan pendekatan berturut-turut
Sumber: Malvino, 1989 : 343

2.6.4 ADC 0804

ADC 0804 merupakan suatu pengubah dari besaran analog ke sandi digital dengan resolusi 8 bit dan mempergunakan metode pendekatan berturut-turut. ADC 0804 membutuhkan tegangan catu sbesar +5 volt. Gambar komponen ADC 0804 dalam kemasan DIP (*Dual Inlane Package*) dapat dilihat dalam Gambar 2.17.



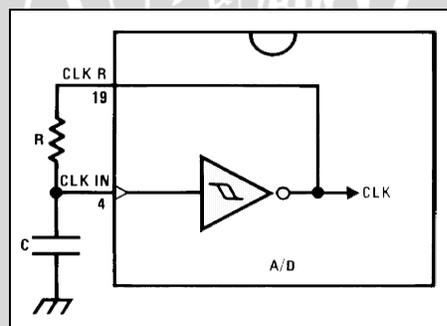
Gambar 2.17 ADC 0804
Sumber : National Semiconductor, 1999 : 1

Masukan tegangan analog (V_{in}) sesungguhnya sama dengan selisih antara tegangan-tegangan yang dihubungkan pada kedua pin masukan sehingga didapat $V_{in} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$. Kalau masukan analog berupa tegangan tunggal, tegangan ini harus dihubungkan dengan $V_{in(+)}$, sedangkan $V_{in(-)}$ harus dihubungkan ke *ground*. Untuk operasi normal, ADC 0804 bisa

menggunakan VCC sebesar +5 volt sebagai tegangan referensi. Dalam hal ini jangkauan masukan analog mulai dari 0 volt sampai dengan 5 volt (skala penuh). Sebagai tambahan, masukan referensi tegangan dapat diatur sehingga memungkinkan pengkodean rentang tegangan yang lebih kecil menjadi sebuah data dengan resolusi 8 bit. ADC 0804 memiliki internal *clock generator* yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R) antara pin CLK R dan CLK IN serta sebuah kapasitor eksternal (C) antara CLK IN dan *ground* digital seperti terlihat dalam Gambar 2.18. Frekuensi *clock* yang diperoleh pada pin CLK R adalah :

$$f = \left(\frac{1}{1,1RC} \right) \quad (2-4)$$

Kontrol dari IC ini terdiri atas CS (*Chip Select*), RD (*Read*), WR (*Write*), dan INTR (*Interrupt*) dimana masing- masing kontrol aktif pada logika 0. *Chip Select* (CS) berfungsi untuk membuka keluaran pin 11 sampai dengan pin 18. *Read* (RD) berfungsi agar konversi segera dilakukan. *Write* (WR) digunakan untuk mereset ADC menjadi keadaan awal sehingga ADC siap mengkonversi kembali. *Interrupt* (INTR) berfungsi sebagai tanda bahwa pengkonversian telah selesai.



Gambar 2.18 Clock eksternal ADC 0804
Sumber : National Semiconductor, 1999 : 23

2.14 Penampil Kristal Cair (*Liquid Crystal Display/ LCD*)

Penampil kristal ini terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca yang sampingnya tertutup rapat. Antar dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*Liquid Crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar dari masing-masing keping kaca mempunyai lapisan penghantar tembus cahaya seperti oksida timah (*Tin Oxide*) atau oksida indium (*Indium Oxide*). Sel mempunyai ketebalan sekitar $1 \times 10^{-5} \text{m}$ dan diisi dengan kristal cair. *Liquid* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya

yang relatif rendah dan terdapat suatu modul kontroler CMOS di dalamnya. Kontroler tersebut sebagai pembangkit dari karakter ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu unit mikrokontroler. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa data bus yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendali dot matriks LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah ada di modul LCD.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam perancangan alat pemanggang roti dengan pengatur suhu dan waktu otomatis pada kompor gas, adalah :

3.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan untuk mempelajari dan menunjang segala hal yang berhubungan dengan sistem dan komponen yang digunakan. Hal-hal yang berhubungan dengan sistem adalah :

- Studi tentang sistem minimum dan perangkat lunak AT89C51.
- Studi tentang pengendalian motor stepper.
- Studi tentang *thermocouple*.
- Studi tentang komponen-komponen pendukung sistem.

3.2 Perancangan Alat

Perancangan sistem ada dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Pada tahap perancangan perangkat keras, sistem dibuat menjadi beberapa blok/modul yang dapat berdiri sendiri-sendiri sesuai fungsinya. Perhitungan dilakukan untuk menentukan besar nilai dan jenis komponen yang digunakan sesuai dengan teori dan data-data komponen yang ada. Selanjutnya blok-blok disambung sehingga menjadi sebuah sistem yang lengkap. Pemilihan komponen yang digunakan pada perancangan disesuaikan dengan komponen yang ada dipasaran. Sedangkan untuk perancangan perangkat lunak yang berguna untuk menunjang fungsi perangkat keras menggunakan bahasa assembly. Perangkat lunak dibuat dalam bentuk unit- unit yang dapat berfungsi secara terpisah.

3.3 Pembuatan Alat

Pada tahap pembuatan alat dilakukan analisis terhadap semua kemungkinan yang mungkin akan terjadi. Pembuatan alat meliputi pembuatan perangkat keras dan pembuatan perangkat lunak. Pembuatan perangkat keras termasuk didalamnya pembuatan PCB (*Printed Circuit Board*), perakitan, penyolderan komponen pada PCB, dan pemeriksaan koneksi jalur antar komponen. Pembuatan jalur-jalur antar komponen pada PCB menggunakan *software* Protel.

3.4 Pengujian Alat

Supaya dapat diketahui apakah rangkaian yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, maka perlu diadakan pengujian alat. Pengujian ini dilakukan pada tiap bagian atau blok dahulu dan kemudian dilakukan pengujian secara keseluruhan. Pada proses pengujian alat tiap blok maupun secara keseluruhan didapatkan data primer yang kemudian dibandingkan dengan data yang ada. Data hasil pengukuran selanjutnya dibandingkan dengan data sekunder yang diperoleh dari perhitungan matematis maupun dari data yang sudah ada sehingga dapat diketahui besar penyimpangan yang terjadi.

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

Bagian ini menjelaskan mengenai perancangan dan realisasi “Alat Pemanggang Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas”. Pembahasan meliputi perancangan dan realisasi sistem yang terdiri atas sistem mikrokontroler AT 89C51 dan rangkaian pendukung sistem. Pembuatan sistem ini, meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

4.1 Gambaran Umum

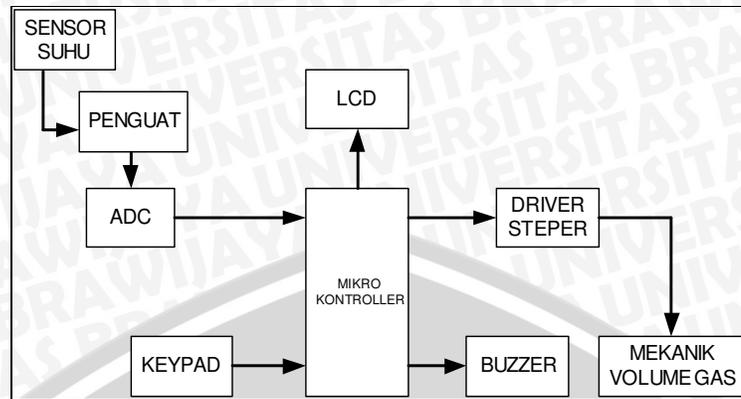
Perencanaan dan pembuatan “Alat Pemanggang Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas” ini pada dasarnya terdiri dari dua bagian yaitu bagian *hardware* dan bagian *software*. Pada bagian *hardware* meliputi komponen-komponen di antaranya adalah: Sensor suhu, ADC, *driver motor stepper*, *keypad*, LCD dan unit mikrokontroler AT 89C51, serta mekanik volume gas.

Hal pertama yang perlu dilakukan sebelum melakukan perancangan dan pembuatan alat adalah penentuan spesifikasi alat yang akan dibuat. Spesifikasi alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

- Menggunakan mikrokontroler AT 89C51 sebagai pengendali utama.
- Suhu kerja sistem adalah 50°C sampai 250°C
- Catu daya alat berupa tegangan searah sebesar 5 V dan 5,4 V.
- Pemanas Oven yang digunakan adalah kompor gas.
- Menggunakan motor stepper unipolar sebagai penggerak mekanik volume gas.
- Menggunakan LCD sebagai penampil.

4.2 Arsitektur Rangkaian

“Alat Pemanggang Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas” yang akan dibuat ini mempunyai blok diagram seperti terlihat dalam Gambar 4.1



Gambar 4. 1

Fungsi masing-masing komponen rangkaian penunjang sistem dalam Gambar 4.1 adalah sebagai berikut:

- Sensor suhu yang digunakan adalah *thermocouple*, yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu pada oven.
- Penguat yang digunakan adalah IC AD595, yang berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran dari *thermocouple*.
- ADC atau *Analog to Digital Converter* digunakan sebagai pengkonversi data analog ke bentuk digital agar bisa diproses oleh mikrokontroler
- Keypad digunakan sebagai masukan data kondisi yang diinginkan untuk mikrokontroler
- Driver stepper digunakan untuk menggerakkan mekanik volume gas melalui putaran motor stepper.
- *Buzzer* berfungsi sebagai tanda bahwa proses pemanggangan dimulai ataupun telah selesai.
- Mikrokontroler digunakan sebagai pengendali utama.

4.3 Prinsip Kerja Sistem

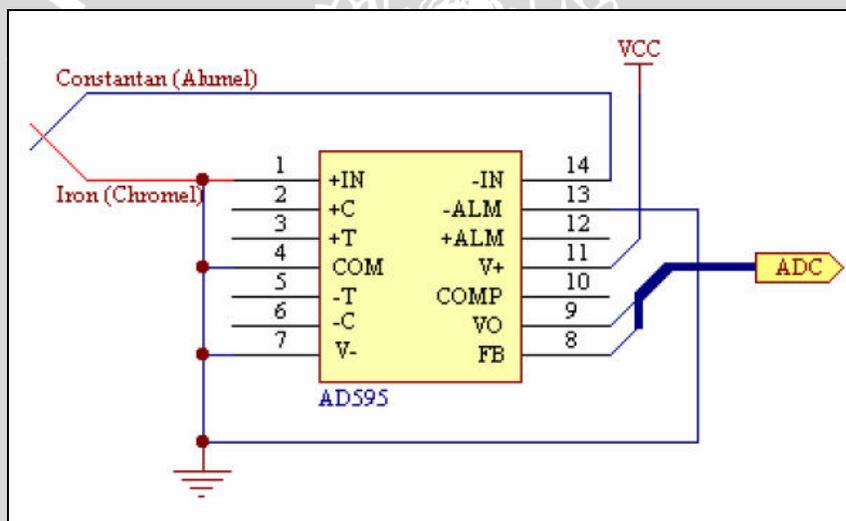
Mula-mula kondisi yang diinginkan dimasukkan melalui keypad, data ini berupa suhu yang diinginkan dan lama penovenan. Setelah data disimpan dalam mikrokontroler maka mikrokontroler akan memberikan data pada driver motor stepper untuk menggerakkan mekanik volume gas agar kompor gas bisa menyala. Pada saat suhu telah sesuai dengan suhu masukan dari keypad, buzzer akan menyala sebagai indikasi bahwa masakan sudah waktunya untuk dimasukkan ke oven. Berikutnya diberikan lagi masukan dari keypad untuk melanjutkan proses selanjutnya. Pada proses ini,

mikrokontroler akan menghitung mundur waktu sesuai dengan masukan. Perubahan suhu yang terjadi pada oven akan terus “dipantau” oleh mikrokontroler melalui sensor suhu dalam hal ini yang digunakan adalah *thermocouple* yang telah terhubung dengan ADC. Suhu akan terus dijaga sesuai dengan masukan sampai proses selesai.

4.4 Perencanaan Perangkat Keras

4.4.1 Sensor Suhu

Modul sensor suhu pada perancangan ini digunakan untuk mendeteksi suhu pada oven. Pengukuran suhu menggunakan *thermocouple*, keluaran *thermocouple* berupa tegangan tetapi tegangan keluaran *thermocouple* tidak berbanding lurus dengan perubahan suhu atau dengan kata lain tidak linier. Sehingga diperlukan komponen yang dapat melinierkan keluaran dari *thermocouple*, yaitu AD595. Gambar 4.2 menunjukkan skematik rangkaian modul sensor suhu :

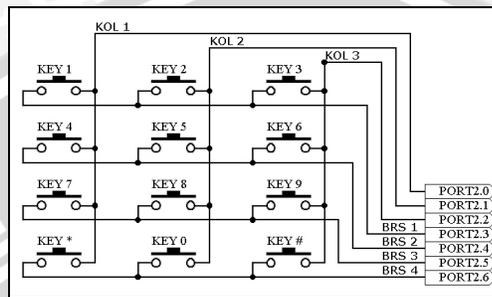


Gambar 4. 2 Modul sensor suhu

Dipilihnya *Thermocouple* karena jangkauan suhu yang besar dan dapat digunakan untuk pengukuran zat cair. *Thermocouple* yang digunakan tipe K, *Thermocouple* tipe K tersusun dari dua buah logam yaitu Chromel dan Alumel serta memiliki jangkauan suhu dari $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Agar keluaran dari *Thermocouple* dapat dibaca dengan benar maka diperlukan tambahan IC yaitu AD595. Penambahan IC ini berguna untuk memperkuat sinyal keluaran dari *Thermocouple* yang sangat kecil yaitu dalam orde μV menjadi mV dan melinierkannya. Keluaran dari AD595 sebesar $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ menjadi masukan bagi ADC.

4.4.2 Keypad

Sebagai unit masukan sistem mikrokontroler, port 3 diantarmukakan ke rangkaian keypad. Rangkaian keypad ditunjukkan dalam Gambar 4.3. Keypad yang digunakan adalah keypad 4 baris x 3 kolom yang tersusun atas 12 buah tombol tekan yang memiliki 2 buah terminal. Masing-masing terminal dari setiap tombol tekan dihubungkan ke kelompok baris, kelompok kolom.



Gambar 4. 3 Rangkaian keypad sistem mikrokontroler

4.4.3 ADC (Analog to Digital Converter)

Analog to Digital Converter (ADC) berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan analog menjadi tegangan digital. ADC digunakan untuk mengkonversikan level DC dari sinyal yang telah dikondisikan. ADC yang digunakan dalam perancangan ini adalah jenis ADC 0804 produksi *National Semiconductor Inc.*

Frekuensi pulsa *clock* yang dibutuhkan ADC 0804 untuk pengkonversian data antara 100 kHz sampai dengan 1,460 MHz. Pada umumnya ADC 0804 bekerja pada frekuensi *clock* 640 kHz. Frekuensi *clock* yang diperoleh pada penyemat CLK R adalah:

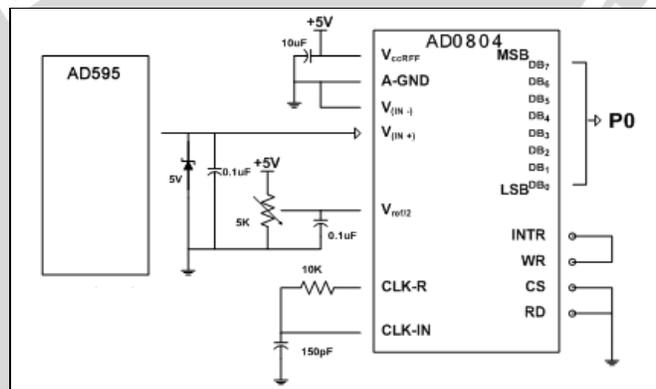
$$f = \left(\frac{1}{1,1 R C} \right) \quad (4.1)$$

Berdasarkan Persamaan 4.1, untuk mendapatkan frekuensi clock sebesar 640 kHz jika nilai $R = 10 \text{ k}\Omega$, maka diperlukan suatu kapasitor dengan nilai 142 pF. Karena nilai kapasitor tersebut tidak terdapat di pasaran, maka dipilih kapasitor dengan nilai 150 pF sebagai penggantinya. Dengan menetapkan nilai $R = 10 \text{ k}\Omega$ dan $C = 150 \text{ pF}$, berdasarkan Persamaan 4.1, maka frekuensi *clock* yang diperoleh pada penyemat CLK R adalah :

$$f = \left(\frac{1}{1,1 R C} \right) = \frac{1}{1,1(10k \times 150p)} = 606 \text{ KHz}$$

Berdasarkan persamaan diatas didapatkan $f_{clock} = 606$ kHz dan frekuensi ini masih dalam batas frekuensi yang diijinkan ADC 0804.

ADC pada perancangan ini dirangkai untuk menghasilkan konversi analog ke digital secara kontinu, artinya keluaran akan selalu diperbarui sesuai dengan perubahan tegangan masukan. Untuk mengizinkan ADC aktif, maka penyemat CS di-ground-kan, sedangkan penyemat WR dan INTR disambungkan menjadi satu. Agar hasil dapat dibaca, maka penyemat RD harus di-ground-kan juga. $V_{ref}/2$ diberi masukan $1/2 V_{CC}$ yang didapat dari pembagi tegangan. Rangkaian pengkonversi analog ke digital yang dipergunakan pada alat ini seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Rangkaian

Untuk mendapatkan tegangan referensi (V_{ref}) maka resolusi ADC disamakan dengan resolusi AD595. Dengan perubahan ini nilai V_{ref} ikut berubah dan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$resolusi\ AD595 = |ba - bb| \times resolusi\ ADC \quad (4.2)$$

$$resolusi\ ADC = \frac{1}{255}$$

$$resolusi\ AD595 = 10.10^{-3}\ mV$$

$$10.10^{-3} = \frac{|ba - 0|}{255}$$

$$ba = 2,55\ volt$$

$$V_{ref}/2 = \frac{|ba - bb|}{2} = \frac{2,55 - 0}{2} \quad (4.3)$$

$$= 1,275\ volt$$

$$V_{ref} = 2 \times V_{ref}/2 = 2 \times 1,275$$

$$=2,55 \text{ volt}$$

Dengan : ba = batas atas tegangan masukan
 bb = batas bawah tegangan masukan

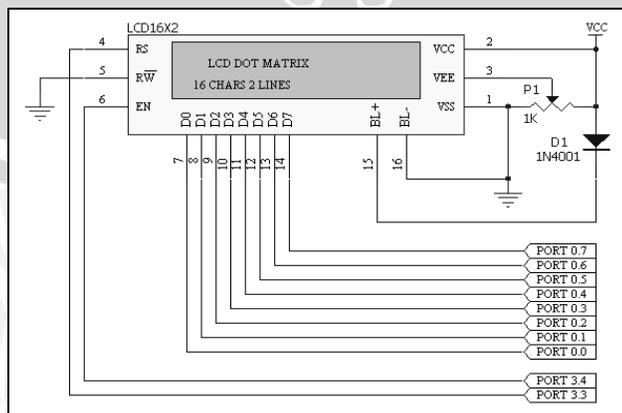
Sehingga V_{ref} yang dibutuhkan dalam perancangan ADC sebesar 2,55 volt.

4.4.4 Liquid Cristal Display (LCD)

Data kondisi yang diinginkan berupa masukan suhu dan lama waktu pengovenan perlu ditampilkan. Dalam sistem ini direncanakan menggunakan sebuah layar penampil yang berupa *Liquid Cristal Display* (LCD).

Sebagai unit keluaran sistem mikrokontroler, port 2 digunakan sebagai jalur data bagi modul penampil LCD. Sedangkan sebagai sinyal-sinyal kontrol untuk modul LCD, 2 buah pin dari port 3 yaitu port 3.4 dan port 3.5 masing-masing dimanfaatkan sebagai jalur kontrol RS (*register selection*) dan EN (*enable*). Dalam aplikasi ini tidak dilakukan operasi pembacaan dari register instruksi internal ataupun register data internal modul LCD, oleh karena itu jalur kontrol R/\overline{W} dihubungkan langsung ke ground sehingga mode operasi yang dilakukan selalu operasi penulisan ke register instruksi maupun register data internal modul LCD.

Rangkaian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Dengan mengubah nilai V_{EE} menggunakan potensiometer P1 akan diperoleh tingkat kecerahan yang berbeda pada tampilan LCD. Dioda D1 dipasang antara V_{CC} dan terminal BL+ untuk mencatu lampu latar tampilan LCD pada tegangan 4,3 V. Bila LCD yang digunakan tanpa *back light*, dioda tidak perlu dipasangkan.



Gambar 4.5 Rangkaian antarmuka modul LCD

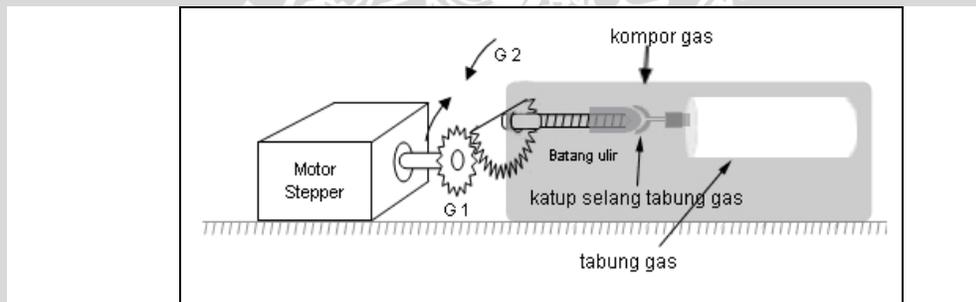
Sumber : **Hafindo Education**, : 2

4.4.5 Motor Stepper

4.4.5.1 Perancangan transmisi mekanik motor stepper dengan tabung gas

Tujuan dari perancangan ini adalah membuka dan menutup katup tabung gas yang terpasang pada kompor gas dengan menggunakan motor stepper. Untuk itu diperlukan sebuah motor stepper dan sepasang roda gigi (*gear*) untuk mengkopel motor stepper dengan batang ulir penutup tabung gas.

Motor stepper dihubungkan roda gigi dengan batang ulir agar dari gerakan rotasi menjadi translasi untuk menekan katup selang tabung gas. Jika motor stepper berputar searah jarum jam maka akan semakin menekan katup selang tabung gas dan kecepatan aliran semakin lambat, sebaliknya jika motor stepper berputar berlawanan arah jarum jam maka kecepatan aliran gas akan semakin cepat. Letak komponen motor stepper dan transmisi mekanik seperti dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Transmisi mekanik tabung gas

Pada perancangan ini, motor stepper yang digunakan adalah Vexta Type PH268-21B dengan karakteristik sebagai berikut :

$$V = 5,4 \text{ Volt/Phasa}$$

$$I = 1,5 \text{ A/Phasa}$$

$$\theta = 1,8 \text{ Deg/Step}$$

Motor stepper dipasang *gear* (G1) dan dihubungkan dengan *gear* yang lebih besar (G2) yang dipasang pada batang ulir penutup tabung gas agar didapatkan perubahan translasi yang besar dan kecepatan aliran yang semakin detail. Dengan menyesuaikan yang ada dipasaran didapatkan:

Gear 1 (G1);

$$\text{Diameter } \textit{Gear} 1 (D_1) = 1,25 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah Gigi Gear 1 (N}_1\text{)} = 27$$

Gear 2 (G2);

$$\text{Diameter Gear 2 (D}_2\text{)} = 4,50 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah Gigi Gear 2 (N}_2\text{)} = 49$$

Untuk membuka penuh atau menutup penuh gas diperlukan putaran *gear 2 (G2)* sebesar 180° , sehingga putaran *Gear 1 (G1)* sebesar :

$$\begin{aligned} \frac{D_2}{D_1} \times 180^\circ &= \frac{4,5}{1,25} \times 180^\circ \\ &= 3,6 \times 180^\circ \\ &= 648^\circ \end{aligned}$$

Pada motor stepper Vexta Type PH268-21B, setiap *step* bergerak sejauh $1,8^\circ$ sehingga dapat diketahui jumlah *step* yang diperlukan motor untuk berputar satu putaran penuh yaitu:

$$S = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200 \text{ step}$$

Jadi untuk membuka penuh tutup gas diperlukan putaran motor stepper sebesar 648° . Jumlah *step* yang diperlukan untuk melakukan satu putaran penuh atau 360° sebanyak 200 *step* sehingga untuk membuka penuh tutup gas diperlukan *step* sebanyak :

$$\frac{648^\circ}{360^\circ} \times 200 = 360 \text{ step}$$

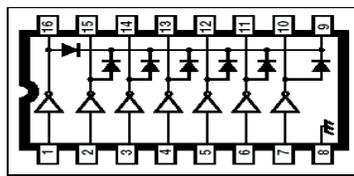
Dalam setiap putaran, motor stepper *full step* mengalami 4 kali *step* yaitu 3 kali *step* ditambah 1 kali *step* untuk kembali ke posisi semula (*looping*). Sehingga banyaknya *looping* stepper untuk mencapai 360 *step* adalah :

$$\frac{360}{4} = 90$$

Jadi banyaknya *looping* yang diperlukan untuk membuka penuh tutup gas adalah 90 kali.

4.4.5.2 Perancangan driver motor stepper

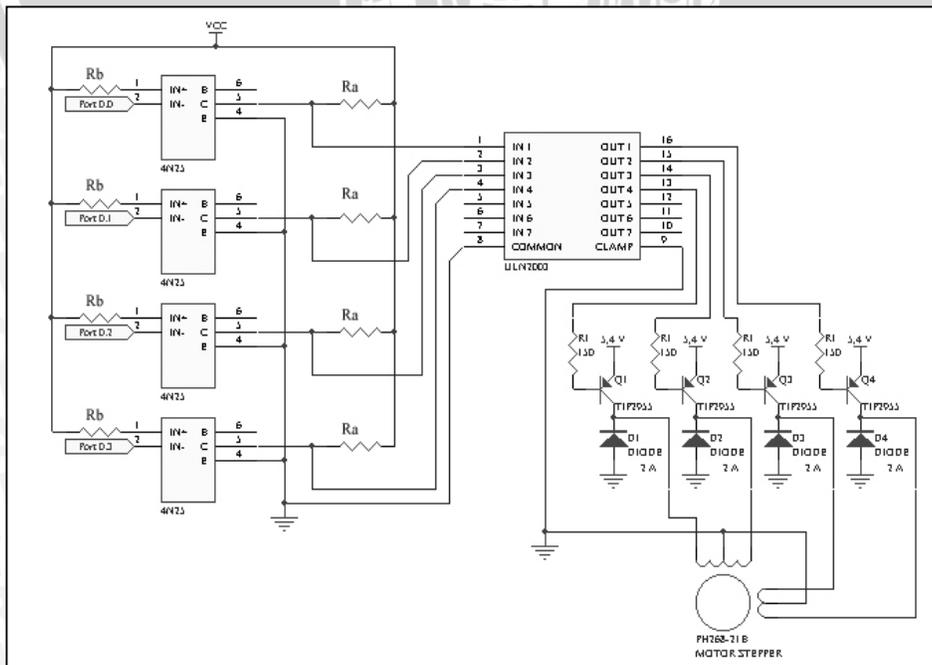
Driver motor stepper yang digunakan berjenis ULN 2003 karena pada tipe ini merupakan suatu rangkaian terintegrasi yang berisi dari penguat darlington yang mampu menguatkan arus sampai 500mA. Dengan menggunakan ULN 2003 bisa menghemat penggunaan transistor untuk menguatkan arus dari keluaran mikrokontroler yang akan digunakan untuk menggerakkan motor stepper.



Gambar 4.7 Penggerak Motor stepper ULN2003

Sumber : Allegro Microsystem Inc.

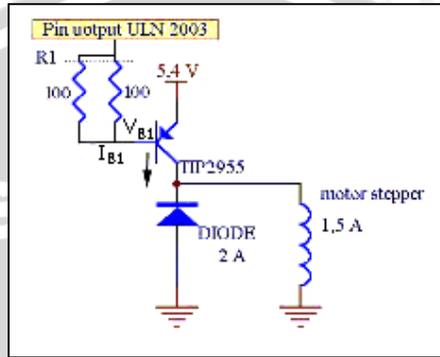
Pada perancangan ini sebelum rangkaian penggerak motor stepper dipasang rangkaian *optocoupler* yang berfungsi sebagai isolasi elektrik antara mikrokontroler dengan rangkaian penggerak motor stepper untuk menghindarkan apabila terjadi arus balik pada rangkaian penggerak motor stepper tidak akan merusak mikrokontroler. Adapun spesifikasi dari *optocoupler* 4N25 memiliki $I_c = 10 \text{ mA}$, $I_F = 10 \text{ mA}$, $V_{CE} = 0,3 \text{ V}$, $V_F = 1,18 \text{ V}$. Rangkaian pengatur putaran volume gas ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian driver stepper

4.4.5.3 Perancangan tiap blok

Untuk mempermudah analisa rangkaian maka perancangan dibagi menjadi beberapa blok.



Gb.4.9 Rangkaian Driver Stepper blok 1

Untuk merancang driver stepper maka harus dirancang komponen yang dibutuhkan tiap bloknya. Arus yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor stepper adalah 1,5 A, sehingga dibutuhkan sebuah dioda dengan arus yang bias melewatinya lebih besar dari 1,5 A yang berfungsi untuk membuang arus sisa pada motor stepper. Dengan menggunakan dioda 2 A maka arus induksi dari motor stepper dapat dilewatkan melalui dioda tersebut sehingga bisa menghindari kerusakan pada rangkaian sebelumnya.

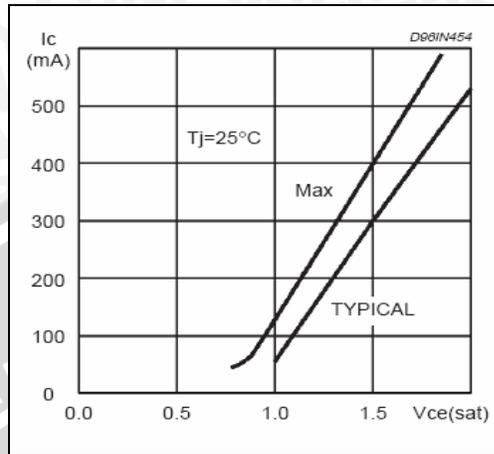
$$V_{EE} = 5,4 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} V_{B1} &= V_{EE} - V_{BE} \\ &= 5,4 - 1,8 \\ &= 3,6 \text{ V} \end{aligned}$$

Dari datasheet TIP 2955 diperoleh $\beta = 20$, sehingga :

$$\begin{aligned} I_{B1} &= \frac{I_C}{\beta} \\ &= \frac{1,5}{20} \\ &= 0,075 \end{aligned}$$

Dari datasheet IC ULN2003 dalam Gambar4.10 yang merupakan grafik perbandingan antara $V_{CE(SAT)}$ terhadap Arus I_C diperoleh $V_{CE(SAT)}$ sebesar 1 V pada saat I_C sebesar 0,075 A.



Gb 4.10 Grafik I_C terhadap $V_{CE(SAT)}$ ULN 2003

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_{R1} &= V_{B1} - V_{CE(SAT) \text{ ULN 2003}} \\ &= 3,6 - 1 \\ &= 2,6 \text{ V} \end{aligned}$$

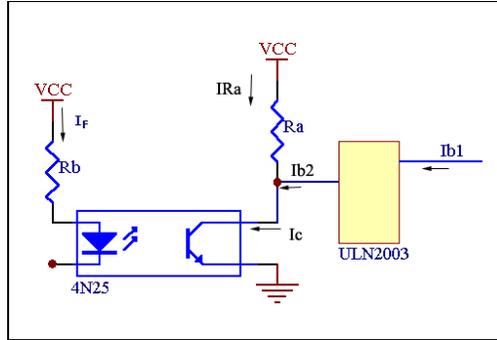
$$R1 = \frac{V_{R1}}{I_{R1}}$$

Dengan $I_{R1} = I_{B1} = 0,075 \text{ A}$

maka :

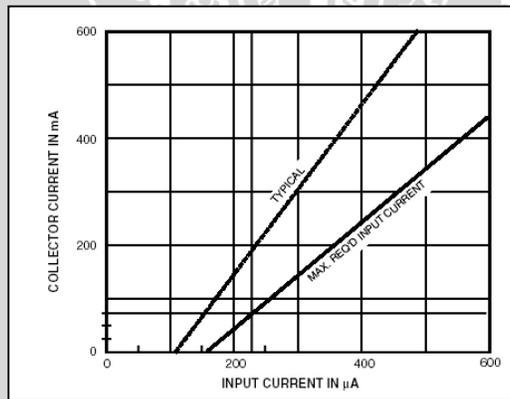
$$\begin{aligned} R1 &= \frac{2,6}{0,075} \\ &= 34,666 \\ &\approx 50 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di dapatkan $R1 = 34,666 \Omega$. Untuk memenuhi resistor dengan yang ada dipasaran maka $R1$ di bulatkan menjadi 50Ω dengan menghubungkan paralel resistor 100Ω dan resistor 100Ω .



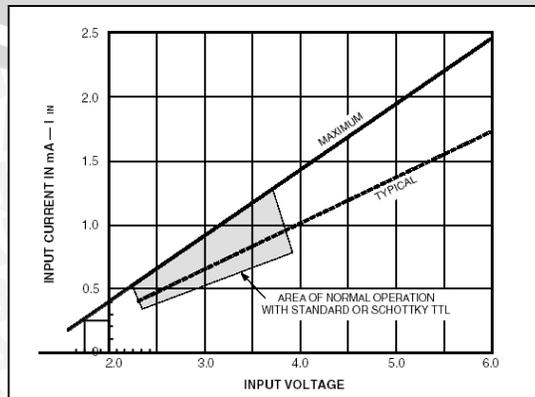
Gb 4.11 Rangkaian driver stepper blok 2

Dari Gambar 4.11 yaitu grafik Arus Masukan (*Input Current*) I_{B1} terhadap Arus Kolektor (*Collector Current*) I_{B2} sebagai arus keluaran pada Ic ULN2003 didapatkan I_{B2} sebesar $230 \mu A$ atau $0,23 \text{ mA}$.



Gb 4.12 Grafik arus masukan terhadap arus keluaran ULN 2003

Sedangkan dari Gambar 4.12 yang merupakan grafik Tegangan Masukan (*Input Voltage*) terhadap Arus Masukan (*Input Current*), pada saat I_{IN} atau I_{B2} sebesar $230 \mu A$, diperoleh V_{IN} atau V_L sebesar $1,7 \text{ V}$.



Gb 4.12 Grafik Tegangan Masukan terhadap Arus Masukan ULN 2003

Besarnya arus yang dibutuhkan pada saat *optocoupler* 4N25 aktif yaitu sebesar I_c yang besarnya adalah:

$$I_c = I_{B2} + I_{Ra}$$

Dengan
$$I_{Ra} = \frac{V_{cc} - V_{ce}(sat)}{R_a}$$

Dari datasheet *optocoupler* 4N25 diperoleh $V_{ce}(sat)$ sebesar 0,5 V sehingga:

$$I_{Ra} = \frac{5 - 0,5}{14000}$$

$$= 0,32 \text{ mA}$$

Jadi diperoleh
$$I_c = I_{B2} + I_{Ra}$$

$$= 0,23 + 0,32$$

$$= 0,55 \text{ mA}$$

CTR_{min} (*Current Transfer Ratio minimum*) yaitu perbandingan antara Arus I_F dan I_C pada *optocoupler* 4N25 sebesar 20%.

$$I_F = I_C / CTR$$

$$= 0,55 / 20\%$$

$$= 2,75 \text{ mA}$$

Dengan mengetahui arus I_f maka dapat dihitung besar R_b yaitu:

$$R_b = \frac{V_{cc} - V_f - V_{OL}}{I_f}$$

Dari datasheet *optocoupler* 4n25 diperoleh $V_F = 1,5 \text{ V}$ dan dari datasheet AT89C51 diperoleh V_{OL} sebesar 0,45 V, sehingga:

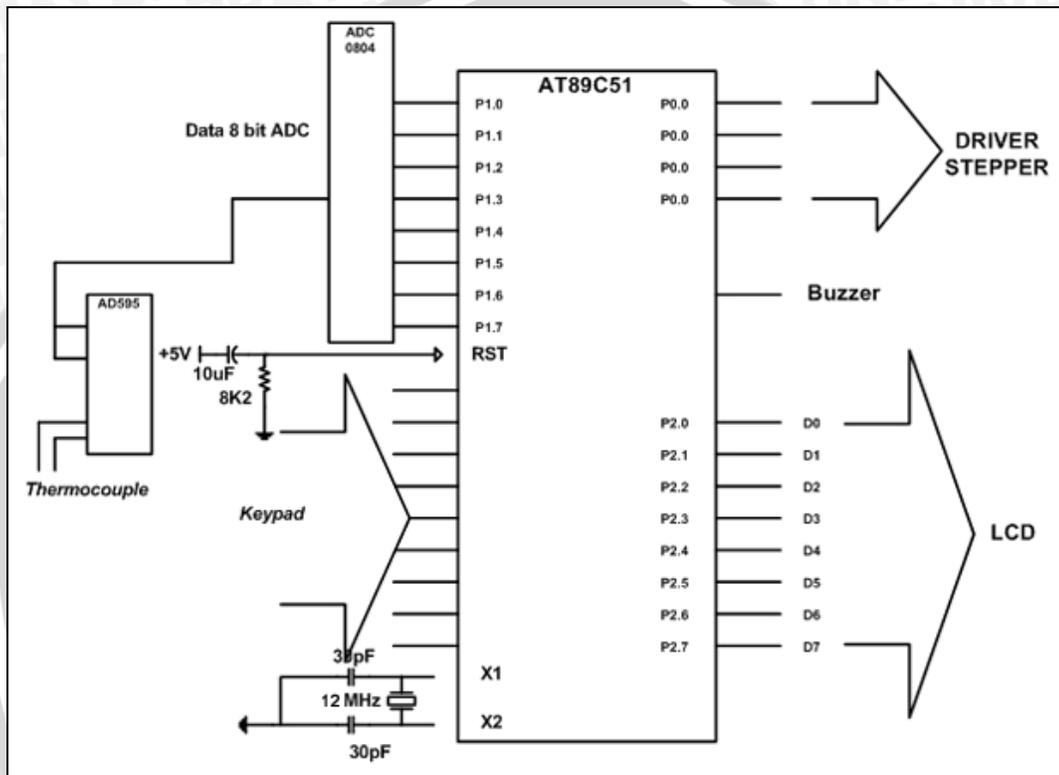
$$R_b = \frac{5 - 1,5 - 0,45}{2,75 \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{3,05}{2,75 \times 10^{-3}}$$

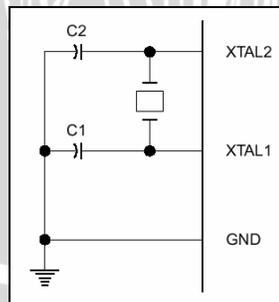
$$= 1,11 \text{ k}\Omega$$

Jadi besar R_b adalah $1,11 \text{ K}\Omega$ dan untuk mendapatkan resistor yang ada dipasaran maka R_b dibulatkan menjadi $1,1 \text{ k}\Omega$ dengan cara memasang seri R $1\text{k}\Omega$ dengan 100Ω .

4.4.6 Unit Mikrokontroler 89C51



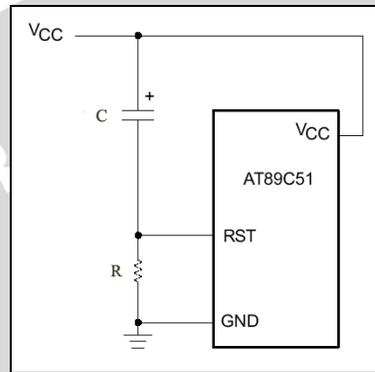
Gambar 4. 13 Rangkaian Unit Mikrokontroler AT89C51



Gambar 4. 14 Rangkaian pewaktuan dengan osilator

internal

Gambar 4.13. merupakan rangkaian unit mikrokontroler yang akan diantarmuka dengan LCD. Rangkaian yang mendukung mikrokontroler ada dua, yaitu rangkaian *clock* dan rangkaian *reset*. Kristal dengan frekuensi 12 Mhz serta dua buah kapasitor 30 pF (sesuai dengan *datasheet* AT89C51) digunakan untuk menggerakkan osilator internal seperti yang terlihat pada rangkaian dalam Gambar4.14



Gambar 4. 15 Rangkaian power on reset

Untuk membangkitkan sinyal reset pada saat awal catu daya dihidupkan, suatu reset otomatis dapat dilakukan dengan menghubungkan pin RST ke rangkaian *Power-On Reset*. Rangkaian *Power-on Reset* ditunjukkan dalam Gambar 4.15.

Pemberian catu daya pada mikrokontroler tanpa suatu sinyal reset dapat menyebabkan CPU memulai eksekusi instruksinya dari lokasi yang tak tentu. Ini disebabkan karena *Program Counter* tidak terinisialisasi. Dengan adanya rangkaian reset, pin RST akan ditahan dalam kondisi logika tinggi selama selang beberapa saat tergantung nilai kapasitor dan resistor yang mempengaruhi jangka waktu pengosongan muatan kapasitor. Jangka waktu pengosongan muatan C yang masih dalam level logika 1 dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$v(t) = \frac{R}{R + 1/sC} V_i \tag{4.4}$$

dengan, $v(t) = V_{reset}$

$$V_i = V_{cc} \tag{4.5}$$

$$v(t) = \frac{5}{s} \frac{sCR}{sCR + 1}$$

$$v(t) = 5e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$t = RC \left(\ln \frac{5}{v(t)} \right)$$

$$t = RC \frac{\left(\log \frac{5}{v(t)} \right)}{\log e}$$

dengan nilai $v(t)$ adalah tegangan logika minimal yang diijinkan oleh pin RST, yaitu $v(t) = 3,5$ volt, maka

$$t \approx 0,357RC$$

Dengan waktu reset minimal 2 siklus mesin (24 periode osilator), maka dengan frekuensi osilator sebesar 12 MHz, waktu minimal yang dibutuhkan adalah

$$T_{reset} = \frac{1}{f_{osc}} \times 24 \quad (4.6)$$

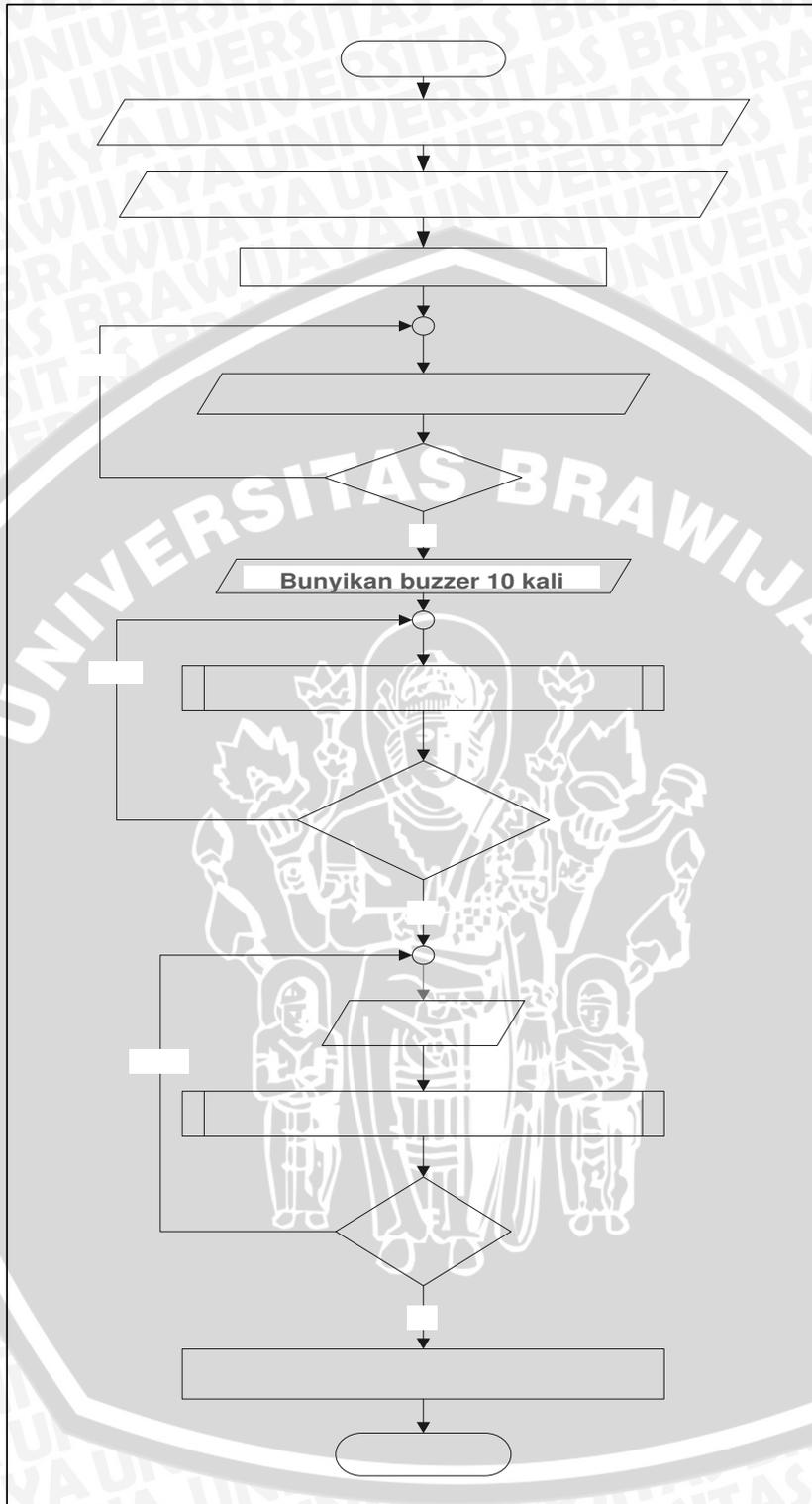
$$T_{reset} = 2 \text{ us}$$

Berdasarkan persamaan 4.6, dengan menentukan nilai R sebesar 8200 k Ω dan t sebesar 0,03 s, diperoleh nilai C sebesar 10 μF .

4.4.7 Perangkat lunak mikrokontroler

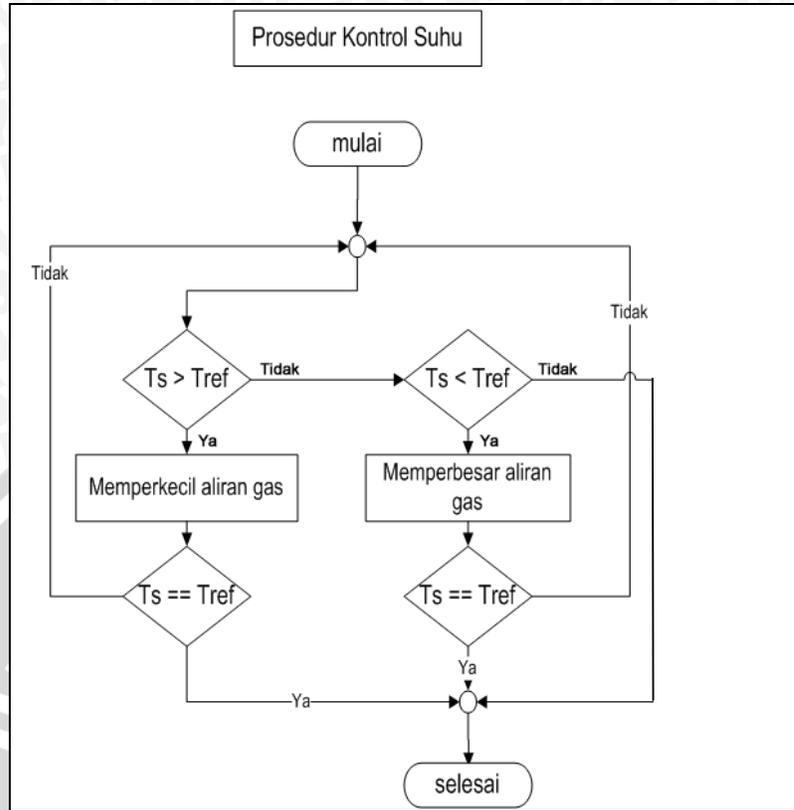
Software pada mikrokontroler dibuat menggunakan bahasa assembly, kemudian di kompilasi sehingga menjadi *file.BIN* dan kemudian diisikan ke memori program internal mikrokontroler dengan bantuan program dan alat *writer* mikrokontroler AT89C51.

Flowchart ringkas dari program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.16 dan 4.17



Gambar 4. 16 *Flow chart* program keseluruhan

Tida



Gambar 4. 17 *Flow chart* program pengaturan suhu

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Setelah merancang keseluruhan sub-sistem selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui kerja masing-masing sub-sistem, apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan. Setelah dilakukan pengujian terhadap masing-masing sub-sistem, selanjutnya seluruh sub-sistem tersebut digabungkan membentuk suatu sistem pengirim dan penerima pesan, kemudian dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian sub-sistem meliputi pengujian sensor suhu, ADC, driver motor stepper, keypad, LCD dan unit minimum sistem 89C51. Dalam setiap pengujian dijelaskan tujuan pengujian, alat-alat yang digunakan, langkah-langkah yang dilakukan, serta analisis hasil pengujian.

5.1. Pengujian Sub Sistem

5.1.1 Pengujian Sensor Suhu

5.1.1.1 Tujuan

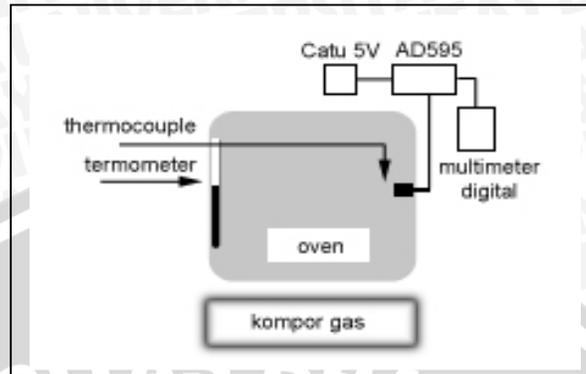
Pengujian sensor suhu bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam merespon perubahan suhu dengan mengukur tegangan keluarannya.

5.1.1.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Thermocouple*
2. IC AD 595
3. Termometer alkohol
4. Termometer air raksa
5. Multimeter digital DT-830B
6. Catu daya +5 Volt DC
7. Gelas reaksi

5.1.1.3 Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian pengujian seperti dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Rangkaian pengujian sensor suhu

2. Menghubungkan rangkaian uji dengan catu daya, memasang *Thermocouple* sehingga ujung sensor masuk ke dalam oven, memasukkan thermometer untuk mengetahui perubahan suhu dan membandingkannya dengan data hasil pengukuran dari *Thermocouple*, menaikkan suhu oven dengan menyalakan kompor gas, mengukur tegangan keluaran dari IC AD 595 yang sebelumnya telah dihubungkan dengan *Thermocouple* menggunakan multimeter digital dan mencatat hasil pengukuran.

5.1.1.4 Hasil pengujian sensor suhu

Tabel 5.1 Tabel Pengujian Sensor Suhu

Suhu pada termometer (°C)	Hasil Ukur pada multimeter (mV)	Konversi Hasil Ukur (°C)	Penyimpangan (°C)
50	506	50,6	0,6
60	591	59,1	0,9
70	696	69,6	0,4
80	802	80,2	0,8
90	892	89,2	0,8
100	998	99,8	0,2
110	1106	110,6	0,6
120	1208	120,8	0,8
130	1305	130,5	0,5
140	1407	140,7	0,7
150	1499	149,9	0,1
160	1592	159,2	0,8
170	1708	170,8	0,8
180	1794	179,4	0,6
190	1904	190,4	0,4
200	2008	200,8	0,8
210	2110	211,0	1,0
220	6606	220,6	0,6
230	2309	230,9	0,9
Penyimpangan rata-rata			0,732

Step pada AD595 adalah sebesar 10mV/°C sehingga pada saat tegangan keluaran AD595 yang ditunjukkan pada multimeter sebesar 253mV maka diperoleh suhu sebesar:

$$T = (506mV/10mV)°C = 50,6 °C$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata sebesar} = \frac{\sum \text{penyimpangan}}{\text{Banyaknya Pengukuran}} = \frac{13,9}{19} = 0,732.$$

5.1.1.5 Analisis

Dari hasil pengujian yang dilakukan terjadi penyimpangan maksimum sebesar 1,0°C pada pengukuran suhu 50 °C sampai 230 °C. Dan rata-rata penyimpangan yang terjadi adalah 0,732°C. Adanya penyimpangan pengukuran karena IC AD 595 yang digunakan memiliki nilai akurasi ± 1 °C, pembacaan thermometer yang kurang tepat, dan perbedaan kecepatan respon terhadap perubahan suhu. Dari data pengujian

dalam Tabel 5.1 dapat disimpulkan bahwa *Thermocouple* dan IC AD 595 telah bekerja dengan baik.

5.1.2 Pengujian Rangkaian Keypad dan LCD

5.1.2.1 Tujuan

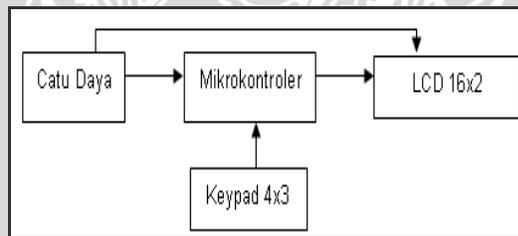
Pengujian untuk menampilkan masukan dari keypad ke layar LCD.

5.1.2.2 Peralatan yang Digunakan

- Rangkaian minimum sistem mikrokontroler AT89C51 terhubung catu daya
- LCD dot matrik 16 x 2
- Keypad 4 x 3
- Catu Daya +5 volt DC

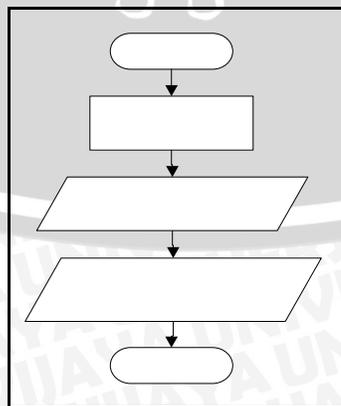
5.1.2.3 Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian pengujian seperti dalam Gambar 5.2. Mikrokontroler dihubungkan catu daya dan port 3 dihubungkan LCD, Sedangkan keypad dihubungkan ke port 2 mikrokontroler.



Gambar 5.2 Pengujian keypad

2. Membuat perangkat lunak mikrokontroler seperti dalam Gambar 5.3 untuk menampilkan karakter ke LCD sesuai dengan masukan dari keypad.

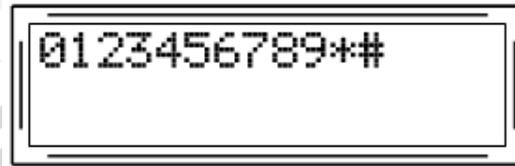


Gambar 5.3 Diagram alir pengujian keypad

3. Menekan tombol keypad berurutan ; 0123456789*#

5.1.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian yang diperoleh adalah semua karakter hasil penekanan tombol dapat ditampilkan dengan benar pada layar LCD. Gambar 5.4 menunjukkan hasil pengujian rangkaian keypad



Gambar 5.4 Tampilan LCD pada pengujian keypad

Dari hasil yang diperoleh pada pengujian ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian keypad dapat diakses melalui port 3 dan dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perencanaan.

5.1.3 Pengujian Rangkaian ADC 0804

5.1.3.1 Tujuan

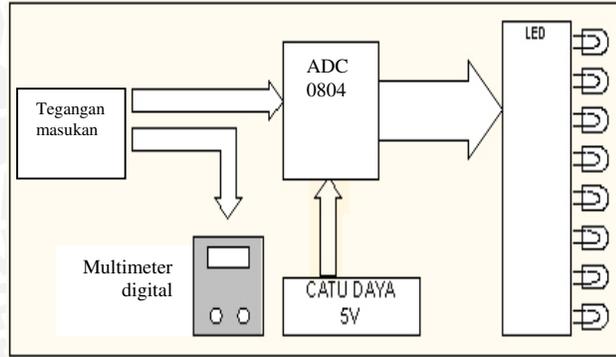
Tujuan dari Pengujian ADC adalah mengetahui ketepatan perubahan bit keluaran ADC terhadap tegangan masukan yang bervariasi.

5.1.3.2 Peralatan yang Digunakan

- Catu daya DC 5 volt
- *Setpoint* potensiometer
- Multimeter digital DT-830B
- Light emitting diode(LED)

5.1.3.3 Prosedur Pengujian

1. Susun rangkaian seperti Gambar 5.5.
2. Menghidupkan catu daya
3. Memberikan tegangan masukan ADC bervariasi 0V s/d 5V
4. Mengamati dan mencatat *bit-bit* keluaran ADC dalam Tabel 5.2.



Gambar 5.5 Pengujian Rangkaian ADC 0804

5.1.3.4 Hasil Pengujian

Tabel 5. 2 Pengujian Rangkaian ADC 0804

V _{input}	Pengukuran			Perhitungan			Kesalahan(%)
	Hex	Dec	V _{Out}	Hex	Dec	V _{Out}	
0	00	0	0	0	0	0	0
0,5	34	52	0,5	32	50	0,5	3,8
1	64	100	1,02	66	102	1,02	1,9
1,5	97	151	1,5	98	152	1,52	0,65
2	CB	203	2	CC	204	2,04	0,49
2,5	FA	250	2,52	100	256	2,56	0,23
Jumlah Kesalahan = 7,07							

5.1.3.5 Analisis

Pada ADC 0804 nilai satu ukuran langkah adalah :

$$resolusi = \frac{1}{2^8 - 1} = \frac{1}{255}$$

$$\text{Sehingga step} = 2,55 \times \frac{1}{255} = 10 \text{ mV}$$

Keluaran ADC 0804 bernilai desimal sebagai berikut :

$$\text{Dec} = V_{\text{input}} / 10 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Untuk } V_{\text{input}}=0,5 \text{ maka Dec}=0,5/10 \cdot 10^{-3}=50$$

Berdasarkan Tabel 5.2. Pengujian ADC 0804 didapatkan bahwa persentase kesalahan rata-rata adalah 0,26% dan dapat disimpulkan bahwa ADC 0804 dapat bekerja dengan baik.

$$\% \text{kesalahan} = \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \times 100\%$$

pada data pertama diperoleh penyimpangan sebesar:

$$\% \text{kesalahan} = \frac{150 - 521}{52} \times 100\%$$

$$= \frac{2}{52} \times 100\%$$

$$= 3,8\%$$

$$\% \text{ kesalahan rata-rata} = \frac{\text{Total Penyimpangan}}{\sum \text{Iterasi Pengukuran}} = \frac{7,07\%}{6} = 1,17\%$$

5.1.4 Pengujian Motor Stepper

5.1.4.1 Tujuan

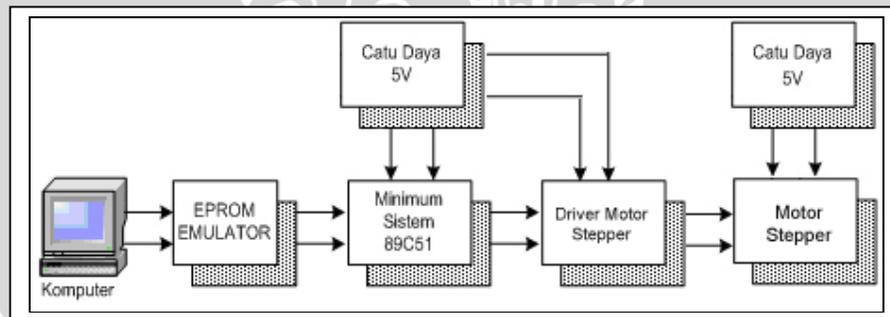
Mengetahui apakah rangkaian driver motor stepper bisa bekerja dengan baik untuk mengoperasikan motor stepper.

5.1.4.2 Peralatan yang digunakan

- Motor stepper.
- Komputer.
- Minimum sistem mikrokontroler 89C51.
- Catu daya 5V DC

5.1.4.3 Prosedur pengujian

- Merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.6.
- Membuat perangkat lunak untuk pengujian motor stepper.
- Mengaktifkan catu daya



Gambar 5. 6 Rangkaian Pengujian motor stepper

5.1.4.4 Hasil pengujian dan analisis

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa rangkaian driver stepper dapat menggerakkan motor stepper unipolar Type PH268-21B dengan karakteristik sebagai berikut :

$$V = 5,4 \text{ volt/Phasa}$$

$$I = 1,5 \text{ A/Phasa}$$

$$0^\circ = 1,8 \text{ Deg/Step}$$

Dengan putaran penuh sebesar :

$$S = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200 \text{ step}$$

Motor stepper bekerja dengan baik yaitu dengan 200 *step* setiap satu putaran penuh (360°).

5.1.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

5.1.5.1 Tujuan

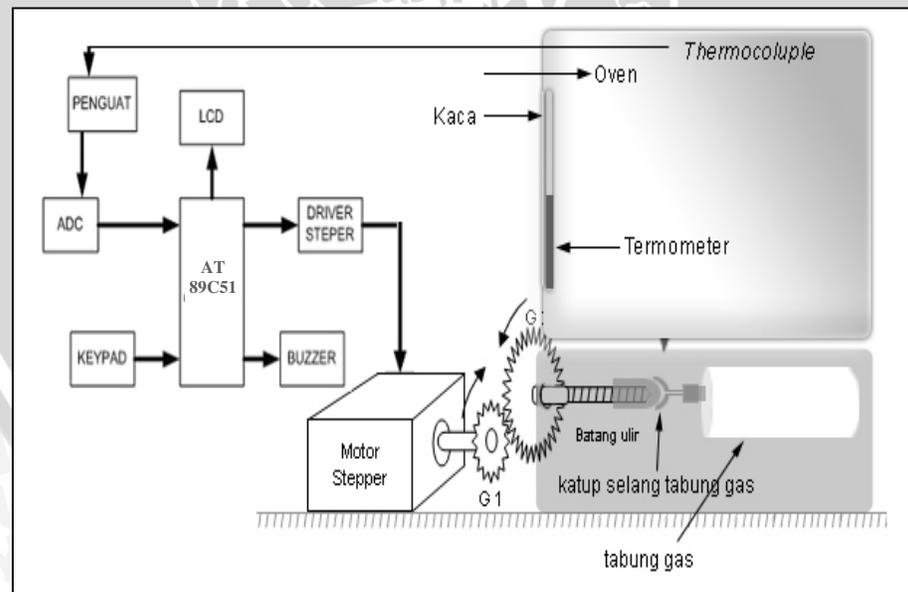
Mengetahui apakah seluruh sistem yang dirancang dan dibuat telah bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan.

5.1.5.2 Peralatan yang Digunakan

- Keseluruhan blok rangkaian
- Termometer 150°C
- Catu daya +5 volt dan +5,4 volt

5.1.5.3 Prosedur Pengujian

1. Merangkai semua blok seperti dalam Gambar 5.7.
2. Mengaktifkan catu daya
3. Memasukkan suhu dan waktu melalui keypad.
4. Mencatat perubahan suhu tiap 30 detik.



Gambar 5.7 Blok keseluruhan rangkaian

5.1.5.4 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memasukkan data melalui keypad dengan masukkan waktu 4 menit dan suhu 100° C. Diperoleh hasil seperti dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Pengujian suhu oven

Waktu (detik)	Suhu di LCD (°C)	Suhu di termometer (°C)	Kesalahan (%)
0	100	101	0,99
30	101	102	0,98
60	99	100	1
120	103	102	0,98
150	100	99	1,01
180	101	101	0
210	97	98	1,02
240	100	101	0,99

Kesalahan rata-rata = 0,871

5.1.5.5 Analisis

$$\%kesalahan = \frac{|SuhuPadaTermometer - SuhuPadaLCD|}{SuhuPadaTermometer} \times 100\%$$

Pada pengukuran pertama diperoleh kesalahan sebesar:

$$\frac{|101 - 100|}{101} \times 100\% = \frac{1}{101} \times 100\% = 0,99\%$$

$$\begin{aligned} \%kesalahan \text{ rata-rata} &= \frac{\Sigma \%kesalahan}{BanyaknyaPengukuran} \times 100\% \\ &= \frac{6,97}{8} \times 100\% \\ &= 0,871\% \end{aligned}$$

Dari pengujian diperoleh hasil bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan yang direncanakan. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat lunak sebagai pengatur kerja sistem secara keseluruhan dapat berfungsi dengan baik dalam memberikan instruksi-instruksi pada mikrokontroler unit. Pengukuran yang dilakukan pada LCD dan termometer terjadi penyimpangan maksimum sebesar 1⁰C dan kesalahan maksimum sebesar 1,02% dan rata-rata keasalahan sebesar 0,871%. Adanya penyimpangan pengukuran dan kesalahan karena IC AD 595 yang digunakan memiliki nilai akurasi ± 1⁰ C, pembacaan thermometer yang kurang tepat, dan perbedaan kecepatan respon terhadap perubahan suhu. Dari data

pengujian dalam Tabel 5.3 dapat disimpulkan bahwa alat telah bekerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian alat “Alat Pemanggang Roti Dengan Pengatur Suhu Dan Waktu Otomatis Pada Kompor Gas” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
2. Sistem ini dirancang dengan menggunakan sensor suhu (*thermocouple*), motor stepper, ADC, keypad, dan mikrokontroler AT89C51. Sesuai data hasil pengujian didapatkan:
 - Dari hasil pengujian sensor suhu didapatkan hasil dengan rata-rata penyimpangan sebesar $0,732\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Dari hasil pengujian ADC terjadi kesalahan rata-rata sebesar $1,17\%$
 - Dari pengujian suhu oven pada rangkaian keseluruhan didapat penyimpangan maksimum sebesar 1°C dan kesalahan maksimum sebesar $1,02\%$ dan rata-rata keasalahan sebesar $0,871\%$.
 - Dari hasil pengujian rangkaian keypad dan LCD keduanya dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan.
 - Dari hasil pengujian rangkaian mikrokontroler, didapatkan hasil bahwa mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan pin-pin mikrokontroler yang telah direncanakan.
 - Pengujian sistem menunjukkan bahwa kondisi yang diinginkan dapat dicapai oleh sistem.

6.2. Saran

1. Proses pemantikan api bisa dilakukan secara otomatis.
2. Jumlah oven yang dikendalikan akan lebih baik jika lebih dari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adel S Sedra, Kenneth C Smith. 1989. *Rangkaian Mikroelektronik*, Jakarta: Erlangga.
- A James Diefenderfer, Brian E Holton. 1994. *Principles of Electronic Instrumentation*, Orlando, Florida: Soonders College Publishing.
- Anonymous. 2003. *Aneka Tips*, www.bogasari.net
- Anonymous. *8-bit Microcontrollerwith 4K Bytes Flash AT89C51*, www.Atmel.com
- Anonymous. *ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters*, www.national.com
- Condit Reston, Douglas W. 2004. *Stepping Motors Fundamental*, USA, Microchip Technology, Inc.
- Ernest O Doebelin. 1990. *Measurement Systems Application and Design*, Department of Mechanical Engineering The Ohio State University: Mc Graw-Hill Publishing Company
- James W Dally, William F Riley, and Kenneyh G McConnell. 1993. *Instrumentation for engineering Measurements*, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Jason Johnson, 1998. *Working With Stepper Motors*, www.eio.com/jasstep.htm
- Paulus Andi Nalwan. 2003. *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Jakarta: PT Elek Media Komputindo.
- Warsito S. 1997. *Data Sheet Book I Data Ic Linear, TTL, CMOS*, Jakarta : PT Elek Media Komputindo.