

PENGONTROL TEMPERATUR RUANGAN BERBASIS MICROCONTROLLER AT89S51

Dony Widiotomo¹, Drs. Lingga Hermanto MM.²

Laboratorium Interface Sistem Komputer
Universitas Gunadarma
Jln. Margonda Raya 100, Pondok Cina – Depok
¹E-mail : don_wid@yahoo.com

Abstrak

Dalam ruangan yang tertutup (closed-loop system), suhu adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap lingkungannya. Pengontrolan terhadap suhu ruangan yang bekerja secara otomatis dapat menjaga suhu pada kondisi yang optimum – tidak terlalu panas atau tidak terlalu dingin – dan dapat menghemat penggunaan energi.

Sensor yang dipasang sebagai umpan balik (feedback) dalam sistem akan mengindera nilai suhu ruangan secara terus-menerus (real time). Hasil tersebut sebelum dikirimkan kepada microcontroller untuk diolah telah dikonversikan terlebih dahulu oleh ADC.

Suhu hasil penginderaan akan dibandingkan dengan suhu ambang – suhu optimum ruangan – yang dapat diatur nilainya – batas bawah maupun batas atasnya – melalui masukan keypad. Perbedaan (galat) tersebut yang menjadi indikator bekerja atau tidaknya kipas sebagai pendingin ruangan.

Kata Kunci : Suhu, suhu ambang, sistem kontrol, microcontroller.

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari suhu lingkungan memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap lingkungan sekitarnya, tidak hanya terhadap makhluk hidup, tetapi juga terhadap benda-benda disekitarnya.

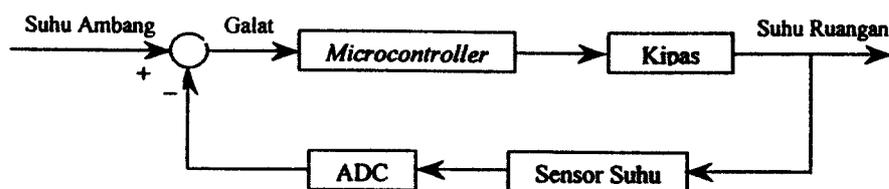
Selain dipengaruhi oleh suhu sekitar, barang-barang elektronik juga mempengaruhi suhu sekitar (terutama suhu di dalam ruangan) melalui energi panas yang dihasilkan oleh berbagai macam komponen-komponen elektronik yang terdapat di dalamnya, terlebih lagi apabila barang elektronik tersebut dipakai dalam waktu yang lama dan tidak memiliki pendingin yang cukup.

Kondisi suhu yang tidak stabil, atau kondisi suhu yang tidak optimum (terlalu panas atau terlalu dingin) akan berdampak negatif bagi lingkungannya. Efek yang ditimbulkannya antara lain seperti menurunkan produktifitas kerja dan daya tahan tubuh seseorang, serta turut mempercepat kerusakan barang-barang elektronik.

Adanya suatu pengontrol suhu ruangan yang bekerja secara otomatis sangat diperlukan untuk mempertahankan suhu ruangan pada temperatur yang diinginkan dan dapat menghemat penggunaan energi.

2. Perancangan Rangkaian

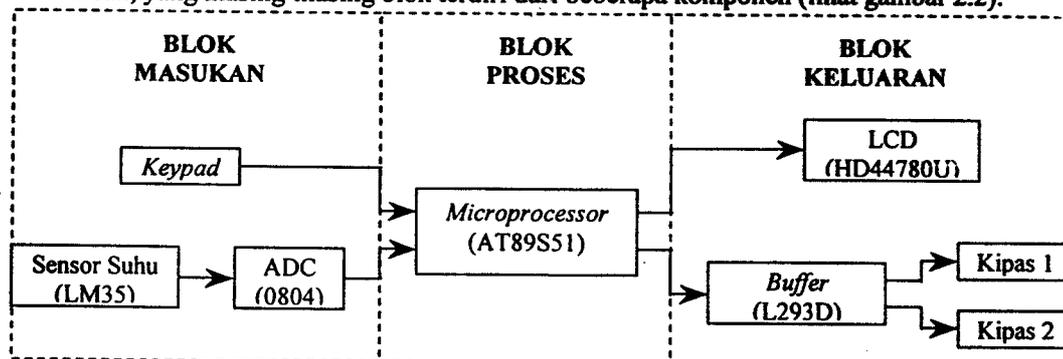
Rangkaian Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis *Microcontroller* AT89S51 dirancang sebagai sistem kontrol yang bekerja secara otomatis dengan lup tertutup (*otomatic closed-loop control system*). Sistem ini berfungsi sebagai pendingin ruangan yang bekerja secara otomatis berdasarkan suhu ambang yang ditentukan (lihat gambar 2.1).



Gambar 2.1 Sistem Pengontrol Temperatur Berbasis Microcontroller

Microcontroller sebagai pengendali, mendapatkan masukan dari *keypad* berupa suhu ambang yang akan dijadikan acuan di dalam proses. Suhu ambang tersebut merupakan suhu ruangan yang akan terus dipertahankan, yang memiliki suhu batas atas dan suhu batas bawah, sedangkan suhu yang akan dijadikan pembanding adalah suhu ruangan yang diindera oleh sensor secara berkala dan terus-menerus (*real-time*). Sebelum diteruskan ke *microcontroller*, hasil penginderaan suhu oleh sensor yang berupa data analog dikonversikan terlebih dahulu oleh ADC (*analog to digital conversion*) ke dalam bentuk data digital. Dalam sistem ini sensor dan ADC berfungsi sebagai elemen ukur. Bila suhu ruangan yang diindera lebih kecil atau sama dengan suhu batas bawah, maka sebagai kendalian, kipas tidak diperintahkan untuk bekerja oleh pengendali. Saat suhu ruangan mulai melebihi suhu batas bawah, perbedaan yang ada (*galat*) akan diperkecil nilainya – atau bahkan ditiadakan – oleh pengendali dengan cara mengaktifkan kerja dari kendalian. Besar-kecilnya nilai *galat* akan mempengaruhi kinerja dari kendalian berdasarkan instruksi yang diberikan oleh pengendali. Semakin besar nilai *galat*, maka semakin besar pula beban kerja dari kendalian untuk menurunkan suhu ruangan. Saat mulai diaktifkan, sistem Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis *Microcontroller* AT89S51 ini akan mengontrol temperatur ruangan secara terus-menerus sampai sistem ini *dinon-aktifkan* kembali.

Sedangkan bila ditinjau secara diagram blok, rangkaian Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis *Microcontroller* AT89S51 dibagi menjadi 3 (tiga) blok, yaitu blok masukan, blok proses dan blok keluaran, yang masing-masing blok terdiri dari beberapa komponen (lihat gambar 2.2).



Gambar 2.2 Blok Diagram Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis Microcontroller

2.1 Blok Masukan

Blok ini terdiri 3 (tiga) komponen utama yaitu : *keypad* matriks 3x4, sensor suhu LM35, dan ADC (*analog to digital converter*) 0804.

Keypad yang digunakan merupakan keypad standar yang terdiri dari tombol tekan untuk angka 0 sampai dengan 9, tombol '*' dan tombol '#'. Tombol 0 sampai dengan 9 keypad berfungsi untuk memberikan nilai masukan batas suhu bawah (*min*) dan suhu batas atas (*max*) yang akan dikontrol. Tombol '*' berfungsi untuk mengatur/merubah batas suhu terendah, dan tombol '#' berfungsi untuk mengatur/merubah batas suhu tertinggi. *Keypad* dihubungkan ke *microcontroller* AT89S51 melalui port 3. Bit ke-7 (dihubungkan ke pin P3.7 AT89S51) digunakan sebagai common, sedangkan bit-bit lainnya (dihubungkan ke pin P3.0 – P3.6 AT89S51) merupakan pemetaan tombol-tombol yang ditekan.

Tabel 2.1 Pemetaan Tombol Keypad Pada Microcontroller

Tombol	Bit								Data Port 3 AT89S51
	7	6	5	4	3	2	1	0	
1	0	1	1	1	0	1	1	0	76h
2	0	1	1	1	0	1	0	1	75h
3	0	1	1	1	0	0	1	1	73h
4	0	1	1	0	1	1	1	0	6Eh
5	0	1	1	0	1	1	0	1	6Dh
6	0	1	1	0	1	0	1	1	6Bh
7	0	1	0	1	1	1	1	0	5Eh
8	0	1	0	1	1	1	0	1	5Dh
9	0	1	0	1	1	0	1	1	5Bh
*	0	0	1	1	1	1	1	0	3Eh
0	0	0	1	1	1	1	0	1	3Dh
#	0	0	1	1	1	0	1	1	3Bh

Sensor suhu tipe LM35 merupakan IC sensor temperatur yang akurat, yang tegangan keluarannya linear dan dalam satuan celcius. Jadi LM35 memiliki kelebihan dibandingkan sensor temperatur linear dalam satuan kelvin, karena tidak memerlukan pembagian dengan konstanta tegangan yang besar dari keluarannya untuk mendapatkan nilai dalam satuan celcius yang tepat. LM35 memiliki impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linear, dan sifat ketepatan dalam pengujian membuat proses *interface* untuk membaca atau mengontrol sirkuit lebih mudah. LM35 dapat digunakan dengan menggunakan catu daya tunggal, atau dengan catu positif dan negatif. LM35 dapat mengindera suhu pada rentang dari -55 °C sampai dengan 150 °C, dengan kenaikan tegangan sebesar 10 mVolt setiap kenaikan 1 °C. Pin V+ dari LM35 dihubungkan ke catu daya, pin GND dihubungkan ke *ground* dan pin Vout - yang menghasilkan tegangan analog hasil penginderaan suhu sekitar - dihubungkan ke Vin(+) dari ADC 0804.

ADC 0804 merupakan komponen yang dapat merubah data analog menjadi data digital. Untuk mengaktifkan ADC diperlukan tegangan catu daya sebesar 5 Volt pada pin Vcc (Vref) dan GND dihubungkan ke *ground*. Pin Vin(+) dihubungkan ke keluaran dari Vout LM35 yang berupa tegangan analog hasil penginderaan suhu ruangan untuk dikonversikan menjadi data digital 8-bit (FF hexadesimal = 256 desimal). Proses pembacaan data pada pin Vin(+) dapat dilakukan bila pin RD mendapatkan logika '0' (*aktif low*) dengan menghubungkan ke *ground*. Untuk mendapatkan nilai referensi dalam mengkonversikan data analog ke digital diperlukan tegangan acuan maksimal pada pin Vref/2. Tegangan ini yang akan menentukan akurasi dari proses konversi data. Pada rangkaian ini Vref/2 diberikan tegangan sebesar 5 volt, sehingga tegangan yang menjadi acuannya adalah 2,5 Volt. Hasil konversi yang berupa data digital dikirimkan dari pin D0 – D7 (D0 = LSB dan D7 = MSB) ke port 2 (port P2.0 – P2.7) *microcontroller* AT89S51 untuk diproses.

$$Re\ solusi = \frac{TeganganVr\ ef\ /2}{Lebar\ data\ 8\ -\ bit} = \frac{2,5\ Volt}{256} = 0,0098\ Volt \quad (1)$$

Sehingga untuk mendapatkan nilai digital diperoleh dari rumus :

$$Nilai\ Digital = \frac{Tegangan\ Ana\ log}{Re\ solusi} = \frac{Vin(+)}{0,0098} \quad (2)$$

Tabel 2.2 Konversi Analog ke Digital

Vref/2	Vin(+)	Pin D0 – D7								Heksa Desimal	Desimal
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
2,5 Volt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00	0
	0,5	0	0	1	1	0	0	1	1	33	51
	1	0	1	1	0	0	1	1	0	66	102
	1,5	1	0	0	1	1	0	0	1	99	153
	2	1	1	0	0	1	1	0	1	CD	205
	2,5	1	1	1	1	1	1	1	1	FF	255

2.2 Blok Proses

Blok ini hanya terdiri dari *microcontroller* AT89S51, namun memiliki 2 (dua) tipe perancangan, yaitu perancangan *hardware* dan *software*.

Secara *hardware*, AT89S51 membutuhkan daya sebesar 5 volt pada pin VCC dan pin GND dihubungkan ke *ground*. Agar *microcontroller* dapat bekerja, diperlukan rangkaian osilator yang dihubungkan ke pin XTAL1 dan XTAL2. rangkaian osilator terdiri dari kristal 11.059 MHz sebagai sumber pulsa dan dua buah kapasitor C1 dan C2 dengan kapasitansi 30 pF sebagai penstabil pulsa.

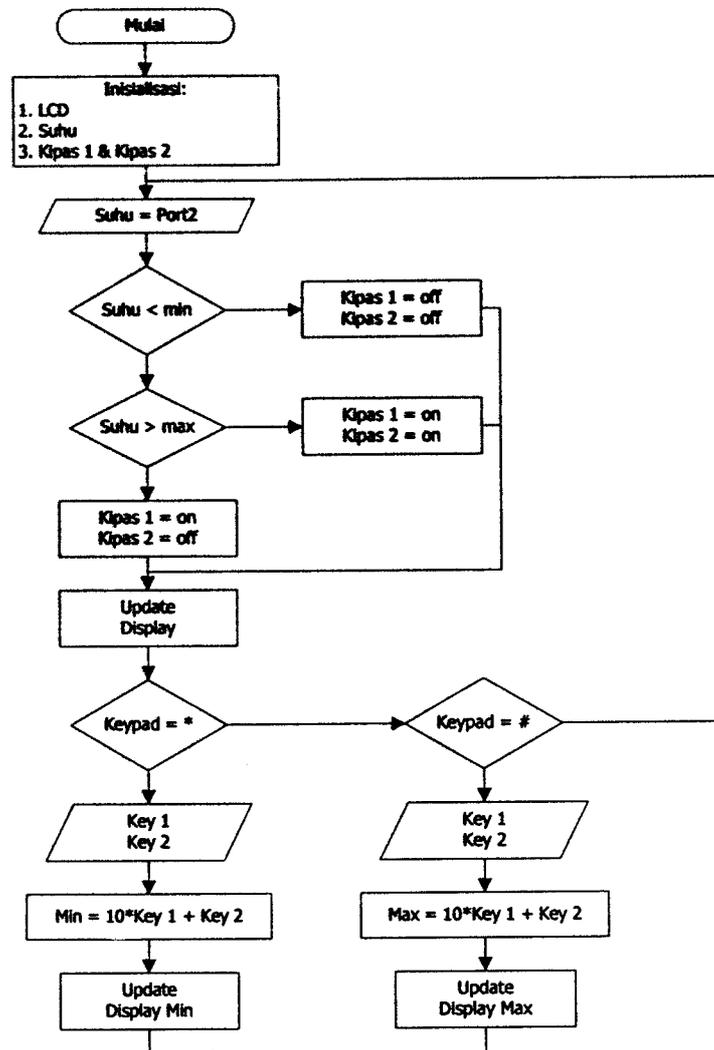
Pin reset membutuhkan logika '1' (*aktif high*) agar AT89S51 melakukan proses reset (pengeksekusian ulang program dari awal program). Pada rangkaian ini pin reset dihubungkan ke kapasitor C3 (10 μ F) dan resistor R1 (1,5 K Ω). Proses reset ini akan berlangsung secara otomatis berdasarkan prinsip pengisian dan pengosongan muatan pada C3. Selama pengisian muatan pin reset berada dalam kondisi *low*, setelah muatannya penuh, C3 akan mulai melepaskan muatan dan akan menyulut pin reset sehingga terjadi proses reset.

AT89S51 memiliki 4 (empat) buah port I/O 8-bit dua arah, terdiri dari port 0, port 1, port 2, port 3. Pada rangkaian ini port 0, port 1 digunakan sebagai keluaran, sedangkan port 2 dan port 3 digunakan sebagai masukan. Semua pin pada port 0 digunakan untuk mengirim data yang akan ditampilkan LCD (pin DB0–DB7). Pin-pin port 1 yang digunakan adalah pin P1.2 – P1.6. Pin P1.2 dihubungkan ke pin RS LCD, pin P1.3 dihubungkan ke pin EN LCD, pin P1.4 dihubungkan ke pin RW LCD, pin P1.5 dihubungkan ke pin IN1 L293D, pin P1.6 dihubungkan ke pin IN2 L293D. Pin P2.0 – P2.7 menerima data digital hasil konversi suhu dari ADC 0804. Port 3 terhubung dengan *keypad* untuk menerima suhu batas atas dan suhu batas bawah yang akan diberikan.

Secara *software*, *microcontroller* melakukan proses pengeksekusian program secara internal. Agar proses ini dapat berlangsung, pin EA dihubungkan dengan catu daya sebesar 5 volt. Program yang dibuat dengan menggunakan Bahasa C ini dituliskan ke dalam *flash memory* AT89S51. Program ini berfungsi untuk membaca, mengolah data yang diterima dari port masukan, dan mengirimkan data yang telah diolah melalui port keluaran sesuai dengan alurnya berdasarkan algoritmanya (lihat tabel 2.3).

Tabel 2.3 Algoritma Program

Langkah	Algoritma
1.	Inisialisasi
2.	Mengambil data suhu dari Port 2
3.	Jika Suhu < Min, maka kipas 1 = off dan kipas 2 = off. dalam hal lain : Jika Suhu > Max, maka kipas 1 = on dan kipas 2 = on. dalam hal lain : kipas 1 = on dan kipas 2 = off.
4.	Update Display
5.	Jika Keypad = *, maka : 1. Menunggu masukan keypad Digit 1 dan Digit 1. 2. Min = 10*Digit 1 + Digit 2 3. Update Display Min 4. Loncat ke langkah 7
6.	Jika Keypad = #, maka : 1. Menunggu masukan keypad Digit 1 dan Digit 1. 2. Max = 10*Digit 1 + Digit 2 3. Update Display Max
7.	Loncat ke langkah 2



Gambar 2.3 Flowchart Program

Saat rangkaian mulai diaktifkan, AT89S51 mengalami reset otomatis sehingga akan mulai mengeksekusi program dari awal. Proses yang pertama kali dilakukan adalah melakukan inisialisasi *hardware*, termasuk fungsi-fungsi port AT89S51. Selanjutnya akan dilakukan pembacaan nilai suhu ruangan dari ADC 0804 melalui port 2. Suhu ruangan yang telah berupa data digital itu akan dibandingkan dengan suhu batas bawah dan suhu batas atas yang dimasukkan oleh *keypad* melalui port 3. Saat suhu ruangan lebih kecil dari batas suhu minimal, maka pin P1.5 dan P1.6 akan memberikan logika '1' pada pin IN1 dan IN2 L293D. Bila suhu ruangan berada diantara suhu batas bawah dan suhu batas atas, maka pin P1.5 akan memberikan logika '0' pada pin IN1 dan P1.6 akan memberikan logika '1' pada pin IN2. Sedangkan bila suhu ruangan berada di atas suhu batas atas, maka pin P1.5 dan P1.6 akan memberikan logika '0' pada pin IN1 dan IN2 L293D.

Langkah selanjutnya, program akan melakukan pengecekan apakah dilakukan penekanan tombol '*' atau '#'. Bila dilakukan penekanan tombol '*', maka port 3 akan menerima data 3Eh yang menandakan akan dilakukan perubahan nilai suhu batas bawah. Sedangkan bila dilakukan penekanan tombol '#', port 3 akan menerima data 3Bh, untuk merubah nilai suhu batas bawah. Setelah dilakukan pengisian nilai batas yang baru, program secara otomatis akan melakukan pembaharuan data (*up-date data*).

Rutin program berikutnya adalah proses pengiriman data yang akan dicetak/ditampilkan pada LCD. Data yang berisi keterangan suhu ruangan, suhu batas bawah dan suhu batas atas akan dikirimkan melalui port 0 (P0.0–P0.7) ke pin DB0–DB7 pada LCD.

2.3 Blok Keluaran

Blok keluaran ini terdiri dari LCD (*Liquid Crystal Display*) dot matrix tipe HD44780U, buffer ST-L293D, dan 2 (dua) buah kipas.

LCD HD44780U berfungsi untuk menampilkan nilai suhu ruangan yang diindera oleh sensor, suhu batas bawah dan suhu batas atas yang dimasukkan melalui *keypad*. Data yang akan ditampilkan oleh LCD diterima melalui pin DB0–DB7. Untuk mengaktifkan LCD, pin VCC diberikan tegangan catu daya sebesar 5 volt, pin GND dihubungkan ke ground dan pin EN diberikan logika '1' (*aktif high*). Untuk menentukan *register* yang akan digunakan, tergantung kepada nilai logika yang diberikan pada pin RS. Bila diberikan logika '1' *register* yang digunakan adalah *data register* (untuk membaca dan menulis), bila diberikan logika '0' *register* yang digunakan adalah *instruction register* (untuk menulis). Proses penulisan dan pembacaan ditentukan oleh pin R/W. Pemberian logika '0' untuk proses penulisan, dan pemberian logika '1' untuk proses pembacaan.

Buffer ST-L293D digunakan untuk penyangga keluaran dari pin P1.5 dan P1.6 sebelum dihubungkan ke kipas1 dan kipas 2. Untuk mengaktifkan ST-L293D, pin VS diberikan tegangan catu daya sebesar 12 volt dan pin GND dihubungkan dengan ground. ST-L293D memiliki 4 (empat) buah pin masukan (IN1–IN4) dan 4 (empat) buah pin keluaran (OUT1–OUT4). Untuk menggunakan I/O 1 dan 2 (IN1, IN2, OUT1, OUT2), pin EN1 harus diberikan tegangan catu sebesar 5 volt, sedangkan untuk menggunakan I/O 3 dan 4 (IN3, IN4, OUT3, OUT4), pin EN2 harus diberikan tegangan catu sebesar 5 volt. Keluaran dan masukan pada ST-L293D dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tabel kebenaran ST-L293D

Input	Enable	Output
H (<i>High</i>)	H (<i>High</i>)	H (<i>High</i>)
L (<i>Low</i>)	H (<i>High</i>)	L (<i>Low</i>)
H (<i>High</i>)	L (<i>Low</i>)	Z (<i>High Output Impedance</i>)
L (<i>Low</i>)	L (<i>Low</i>)	Z (<i>High Output Impedance</i>)

ST-L293D ini juga dapat dihubungkan dengan *heatsink* (pada setiap pin GND) untuk melindungi rangkaian dari kelebihan beban temperatur (*over temperature*).

Kipas dirancang dalam kondisi aktif low dengan cara menghubungkan pin positifnya dengan catu daya sebesar 12 volt, dan pin negatifnya dengan keluaran dari ST-L293D. Kipas 1 akan bekerja bila OUT 1 ST-L293D memberi logika '0' dan akan berhenti bekerja bila OUT 1 memberi logika '1', demikian pula kipas 2 akan bekerja bila OUT 2 memberi logika '0' dan akan berhenti bekerja bila OUT 2 memberi logika '1'

3. Cara Kerja Alat

Pada saat saklar dinyalakan, komponen-komponen pada rangkaian Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis *Microcontroller* AT89S51 akan mulai aktif secara *hardware* maupun secara *software*.

Rangkaian osilator akan memberikan pulsa yang akan mengaktifkan *microcontroller* AT89S51, dan reset secara otomatis akan memulai pengeksekusian program dalam flash memory AT89S51.

Pertama, program akan memulai proses inisialisasi, dan mengirimkan data harga awal dari suhu ruangan, suhu batas bawah dan suhu batas atas melalui port 0 AT89S51 ke pin DB0–DB7 LCD untuk ditampilkan. Selanjutnya sensor suhu LM35 akan mengindera suhu ruangan secara terus-menerus (*real-time*). Data hasil penginderaan yang berupa tegangan (data analog), yang untuk setiap kenaikan suhu 1 °C menghasilkan kenaikan tegangan sebesar 10 mVolt dikirimkan ke ADC 0804 untuk dikonversikan menjadi data digital. Karena resolusi setiap bit pada ADC bernilai 0,098 Volt (≈ 10 mVolt) maka didapat persamaan :

$$Resolusi_{LM35} = \frac{10mVolt}{^{\circ}C} \quad (3)$$

$$Resolusi_{ADC0804} = \frac{10mVolt}{Bit} \quad (4)$$

Dari kedua persamaan di atas, maka setiap bit nilai digital hasil konversi adalah nilai dari suhu ruangan. Nilai suhu yang telah berupa data digital tersebut kemudian dikirimkan melalui pin DB0–DB7 ADC ke pin-pin port 2 AT89S51. Bila terjadi perubahan suhu (penurunan maupun peningkatan suhu), tampilan suhu ruangan pada LCD akan selalu diperbaharui.

Nilai suhu hasil penginderaan oleh sensor akan terus dibandingkan dengan nilai suhu batas bawah dan suhu batas atas. Saat suhu ruangan lebih kecil dari batas suhu minimal, maka pin P1.5 dan P1.6 AT89S51 akan memberikan logika '1' pada pin IN1 dan IN2 L293D yang akan menghasilkan keluaran logika '1' pada pin OUT1 dan OUT2 sehingga kedua kipas tidak ada yang bekerja.

Bila suhu ruangan berada diantara suhu batas bawah dan suhu batas atas, maka pin P1.5 akan memberikan logika '0' pada pin IN1 yang akan menghasilkan keluaran logika '0' pada pin OUT1 sehingga kipas 1 akan berputar. Pin P1.6 akan memberikan logika '1' pada pin IN2 yang akan menghasilkan keluaran logika '1' pada pin OUT2 sehingga kipas 2 tidak bekerja.

Sedangkan bila suhu ruangan berada di atas suhu batas atas, maka pin P1.5 dan P1.6 akan memberikan logika '0' pada pin IN1 dan IN2 yang akan menghasilkan keluaran logika '0' pada pin OUT1 dan OUT2 sehingga kedua kipas bekerja secara bersama-sama.

Secara software, rangkaian ini akan melakukan pengecekan apakah dilakukan penekanan tombol '*' atau '#' pada *keypad*. Bila dilakukan penekanan tombol '*', maka port 3 akan menerima data 3Eh yang menandakan akan dilakukan perubahan nilai suhu batas bawah. Sedangkan bila dilakukan penekanan tombol '#', port 3 akan menerima data 3Bh, untuk merubah nilai suhu batas bawah. Setelah dilakukan pengisian nilai batas yang baru, program secara otomatis akan melakukan pembaharuan data. Suhu batas bawah dan suhu batas atas yang dapat dimasukkan melalui *keypad* adalah bilangan desimal 2 (dua) digit dari 00 sampai dengan 99.

Rangkaian Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis *Microcontroller* AT89S51 ini akan bekerja secara terus-menerus dalam mengontrol suhu ruangan mulai saat saklar dinyalakan sampai saklar dimatikan.

4. Uji Coba Alat

Serangkaian uji coba yang dilakukan adalah sebagai berikut, dilengkapi dengan keterangan cara kerja dari masing-masing uji coba yang meliputi :

1. Uji karakteristik sensor.
2. Uji karakteristik pembacaan suhu terhadap waktu.
3. Uji karakteristik kalibrasi.
4. Uji daya tahan dan fungsi alat.

Data hasil uji coba yang dilakukan ditampilkan dalam bentuk tabel serta grafik. Dalam pembuatan grafik, grafik yang dihasilkan dari data pengamatan digambarkan dalam bentuk grafik garis (*line*). Beberapa grafik ada yang dilengkapi dengan persamaan linearitas kemiringannya (*gradien*) yang diperoleh dengan menggunakan metoda kuadrat terkecil (*least square*) :

$$y = b.x + a \quad (5)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (6)$$

$$a = \frac{\sum X_i^2 \cdot \sum Y_i - \sum X_i \cdot \sum X_i \cdot Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (7)$$

$$r^2 = \frac{a \cdot n \cdot \sum Y_i + b \cdot n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - (\sum Y_i)^2}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (8)$$

4.1 Uji Karakteristik Sensor

Uji coba ini bertujuan untuk membuktikan karakteristik sensor yang memiliki sensitifitas sebesar 10 mVolt untuk setiap °C-nya dengan membandingkan suhu yang terbaca pada LCD dengan tegangan pada pin Vout LM35.

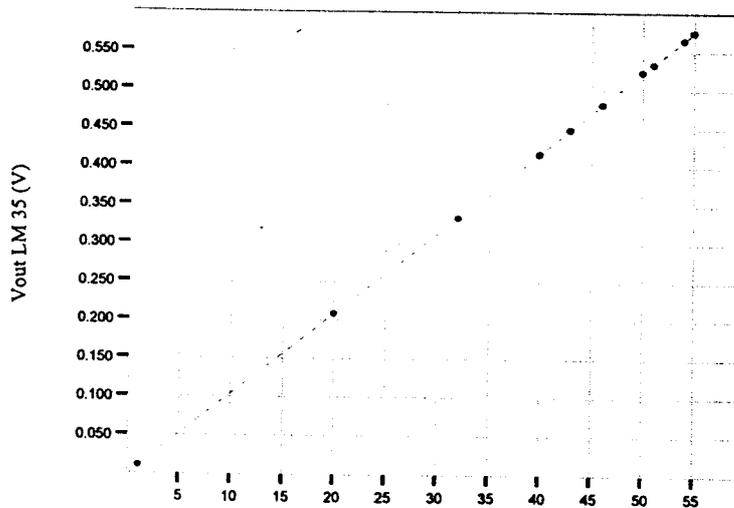
4.1.1 Cara Kerja

1. Isikan gelas ukur dengan air dingin sebanyak 200 cc.
2. Masukkan sensor ke dalam air, catat Suhu yang tertulis pada LCD
3. Ukur tegangan pada pin Vout LM35, dan angkat kembali sensor.
4. Tambahkan air pada gelas ukur dengan air panas sebanyak 100 cc dan diaduk.
5. Ulangi langkah 2 sampai dengan 4 sebanyak 9 kali.

4.1.2 Tabel Data Pengamatan dan Grafik

Tabel 4.1 Uji Karakteristik Sensor

Tahap	Tegangan Vout LM 35 (V)	Termometer Rangkaian (°C)
1.	0.011	1
2.	0.209	20
3.	0.335	32
4.	0.418	40
5.	0.449	43
6.	0.481	46
7.	0.523	50
8.	0.533	51
9.	0.565	54
10.	0.575	55



Gambar 4.1 Grafik Uji Karakteristik Sensor

4.2 Uji Karakteristik Pembacaan Suhu Terhadap Waktu

Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui waktu tanggap (*response time*) termometer rangkaian dalam membaca suhu. *Response time* adalah waktu yang diperlukan untuk membaca nilai suhu, dimulai pada saat sensor di masukkan ke dalam air sampai dengan didapat nilai suhu ruangan yang ditampilkan pada LCD.

4.2.1 Cara Kerja

1. Isikan gelas ukur dengan air dingin sebanyak 200 cc.
2. Masukkan sensor ke dalam air.
3. Catat Suhu yang tertulis pada LCD dan ukur waktu yang diperlukan untuk membaca suhu.

4. Angkat kembali sensor.
5. Tambahkan air pada gelas ukur dengan air panas sebanyak 100 cc dan diaduk.
6. Ulangi langkah 2 sampai dengan 5 sebanyak 9 kali.

4.2.2 Tabel Data Pengamatan

Tabel 4.2 Pembacaan Suhu Termometer Rangkaian Terhadap Waktu

Tahap	Termometer Rangkaian (°C)	Waktu (s)
1.	2	3.72
2.	26	2.91
3.	40	3.08
4.	49	3.42
5.	54	3.69
6.	58	3.63
7.	61	3.58
8.	63	3.69
9.	66	3.73
10.	67	3.84

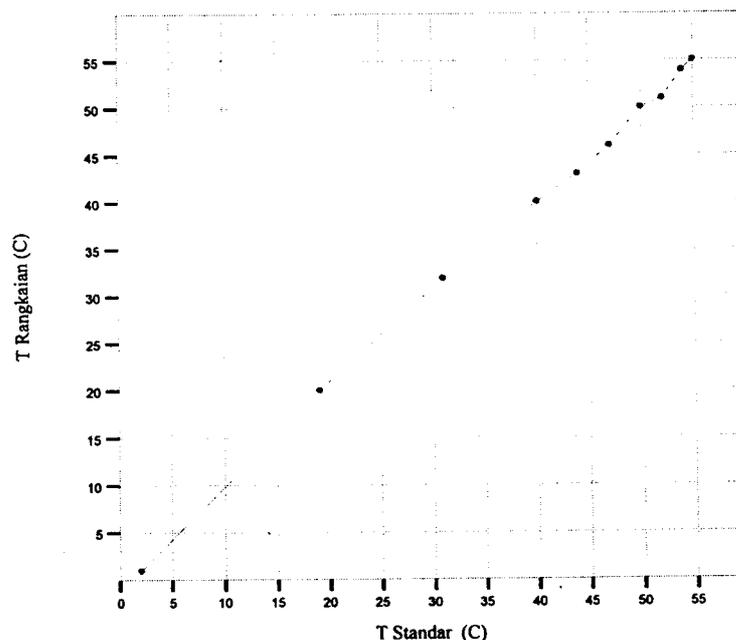
4.3 Uji Karakteristik Kalibrasi

Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui besar selisih nilai suhu yang diindera oleh termometer rangkaian dengan termometer standar, untuk mengetahui tingkat akurasi termometer Rangkaian.

4.3.1 Cara Kerja

1. Isikan gelas ukur dengan air dingin sebanyak 200 cc.
2. Masukkan secara bersamaan kedua buah sensor (termometer rangkaian dan standar) ke dalam air.
3. Catat Suhu yang tertulis pada LCD termometer rangkaian dan pada *display* termometer standar.
4. Angkat kembali kedua buah sensor.
5. Tambahkan air pada gelas ukur dengan air panas sebanyak 100 cc dan diaduk.
6. Ulangi langkah 2 sampai dengan 5 sebanyak 9 kali.

4.3.2 Tabel Data Pengamatan dan Grafik



Gambar 4.2 Grafik Termometer Rangkaian Terhadap Termometer Standar

Tabel 4.3 Perbandingan Suhu Termometer Rangkaian dengan Termometer Standar

Tahap	Termometer Rangkaian (°C)	Termometer Standar (°C)
1.	1	2
2.	20	19
3.	32	31
4.	40	40
5.	43	44
6.	46	47
7.	50	50
8.	51	52
9.	54	54
10.	55	55

4.4 Uji Daya Tahan Dan Fungsi Alat

Uji coba ini bertujuan untuk daya tahan dan ketangguhan alat serta untuk mengetahui apakah rangkaian Pengontrol Temperatur Ruangan Berbasis *Microcontroller* AT89S51 bekerja sesuai dengan teori yang diharapkan, yaitu pada saat suhu ruangan di bawah suhu batas bawah maka kedua kipas dalam kondisi *off*, bila suhu ruangan sama dengan atau diantara suhu batas bawah dan batas atas maka kipas 1 *on* sedangkan kipas 2 *off*, bila suhu ruangan di atas suhu batas atas maka kedua kipas dalam kondisi *on*.

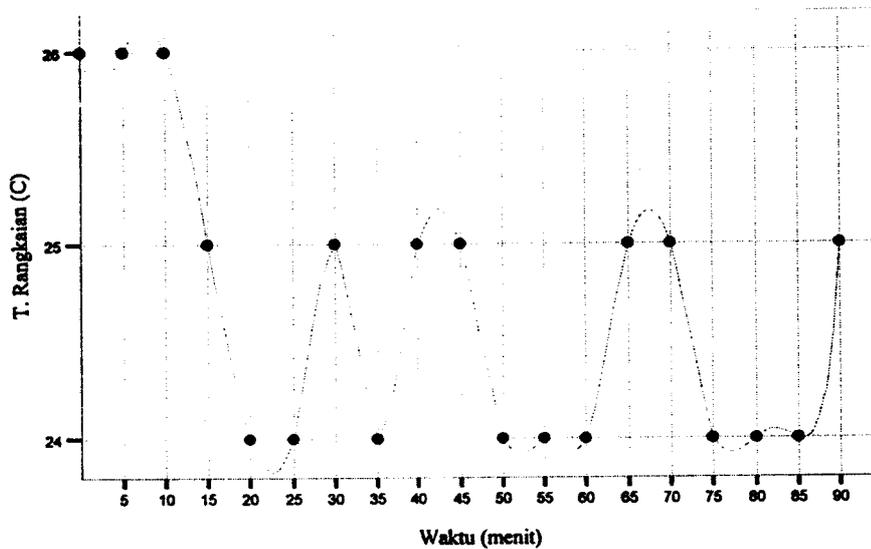
4.4.1 Cara Kerja

1. Tentukan nilai *setting value* (batas suhu bawah dan batas suhu atas) alat.
2. Catat Suhu yang tertulis pada LCD untuk setiap 5 menit, dan kondisi kedua buah kipas.
3. Ulangi langkah 2 sebanyak 19 kali (selama 90 menit).

4.4.2 Tabel Data Pengamatan dan Grafik

Tabel 4.4 Uji Daya Tahan dan Fungsi Alat
 Suhu Batas Bawah = 25 °C Suhu Batas Atas = 26 °C

Tahap	Termometer Rangkaian(°C)	Waktu (menit)	Kipas 1	Kipas 2
1.	26	0	on	on
2.	26	5	on	on
3.	26	10	on	on
4.	25	15	on	off
5.	24	20	off	off
6.	24	25	off	off
7.	25	30	on	off
8.	24	35	off	off
9.	25	40	on	off
10.	25	45	on	off
11.	24	50	off	off
12.	24	55	off	off
13.	24	60	off	off
14.	25	65	on	off
15.	25	70	on	off
16.	24	75	off	off
17.	24	80	off	off
18.	24	85	off	off
19.	25	90	on	off



Gambar 4.3 Grafik Uji Daya Tahan

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas dapat diambil kesimpulan :

1. Termometer rangkaian yang dapat membaca suhu ruangan yang berkisar dari suhu 0 °C – 67 °C.
2. Ketelitian penginderaan suhu termometer rangkaian hanya sampai 1°C.
3. Kalibrasi alat yang cukup baik dalam mengukur suhu, sehingga suhu hasil penginderaan termometer rangkaian hampir sama dengan suhu termometer standar (lihat data hasil pengamatan pada tabel 4.4), dengan nilai koefisien determinasi (r) hampir mendekati 1.
4. Kinerja alat sesuai dengan teori yang diinginkan yaitu :
 - a. Bila suhu ruangan lebih kecil dari suhu batas bawah maka kedua kipas dalam keadaan *off*.
 - b. Bila suhu ruangan berada diantara suhu batas bawah dan suhu batas atas, maka kipas 1 dalam kondisi *on*, sedangkan kipas 2 dalam kondisi *off*.
 - c. Bila suhu ruangan lebih besar atau sama dengan suhu batas atas maka kedua kipas dalam keadaan *on*.
5. Daya tahan alat yang cukup baik (dapat dioperasikan lebih dari 7 jam).

6. Daftar Pustaka

- [1] Ogata, Katsuhiko, *Sistem Kontrol*, Jilid 1, alih bahasa oleh Ir. Edi Eeksono, Penerbit Erlangga, Jakarta 1991.
- [2] Phillips, Charles L. & Harbor, Royce D., *Sistem Kontrol*, alih bahasa oleh Prof. R. J. Widodo, PT. Prenhallindo, Jakarta 1997.
- [3] Tim Penelitian dan Pengembangan Wahana Komputer, *Pengolahan Data Statistik Dengan SPSS 11.5*, Penerbit Salemba Infotek, Jakarta, 2003.
- [4] Wichit Sirichote, *AVR Thermometer*, 4 November 2002
<http://chaokhun.kmitl.ac.th/~kswichit/avrthermo/avrthermo.html>