

Implementasi Kontrol Lup Tertutup Multi Point Pada Pengatur Temperatur Oven Panggang Roti

Ir. Sahat Parulian, MT¹⁾, Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, MT²⁾, Alfredo Simamora³⁾

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen

email: sahatsiahaan@uhn.ac.id

Abstrak

Sistem kontrol temperatur yang dirancang adalah sebuah sistem kendali lup tertutup multi kanal. Rancangan ini mengendalikan 2 objek sekaligus yaitu 2 plant pemanggang roti terpisah dengan setpoint temperatur yang berbeda. Output sistem mengendalikan 2 heater secara on-off. Feedback berasal dari masing-masing sensor suhu LM35 yang membaca suhu masing-masing oven. Setpoint diberikan melalui input yaitu potensiometer dengan nilai setpoint masing-masing sehingga memungkinkan untuk berbeda satu sama lain. Untuk memprogram kerja sistem digunakan bahasa pemrograman C dengan code AVR sebagai compiler. Rangkaian dilengkapi dengan sebuah display LCD sehingga dapat mempermudah pengaturan setpoint. Alhasil, sistem telah berhasil dirakit dan diuji dengan hasil yang cukup memuaskan walaupun masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan. Hasil uji memberi data kinerja alat terhadap respon waktu dan kestabilan temperatur.

Kata Kunci: Sistem kontrol lup tertutup multi Kanal, pemrograman C, kendali on-off, Mikrokontroler atmega 8.

Abstract

A designed temperature control system is a multi-channel closed loop control system. This design controls 2 objects at once, namely 2 separate toaster plants with different temperature sets. The output system controls 2 heaters on-off. Feedback comes from each LM35 temperature sensor that reads the temperature of each oven. Setpoint is given through input i.e. potentiometer with the value of each setpoint so that it allows to differ from each other. To program the work of the system used the C programming language with AVR code as a compiler. The circuit is equipped with an LCD display so that it can facilitate the setting. As a result, the system has been successfully assembled and tested with satisfactory results although there are still many shortcomings and weaknesses. The test results provide data on the performance of the tool to the time response and temperature stability.

Keywords: Multi Channel closed loop control system, C programming, on-off control, atmega 8 microcontroller.

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, sadar atau tanpa kita sadari kita terus bertemu dengan suatu perangkat atau peralatan yang kerjanya terkontrol secara otomatis baik terkontrol sebagian maupun seluruhnya, seperti saat mengendarai mobil, saat menggunakan mesin cuci, menggunakan handphone, dan banyak lagi yang lainnya, singkatnya sistem yang digunakan untuk membuat suatu perangkat menjadi terkontrol sesuai dengan keinginan manusia ini biasanya disebut sebagai sistem kendali (control system).

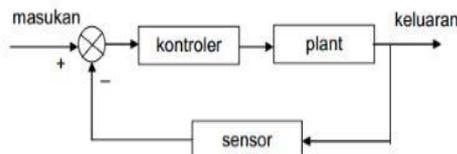
Rancangan ini dibuat untuk mengontrol suhu 2 buah panggang secara simultan. Terdapat 2 buah masukan setpoint suhu dan 2 masukan sensor suhu analog serta 2 buah

setpoint waktu atau timer. Semua masukan tersebut adalah analog yaitu potensiometer dan sensor LM35. Sebagai pengolah atau prosesor digunakan mikrokontroler AVR yaitu ATmega8 yang merupakan prosesor digital. Kontroler bertindak sebagai pengendali yang mengendalikan temperatur panggang berdasarkan setpoint, timer dan sensor. Output sistem adalah komponen pemanas yang dapat berupa elemen atau heater. Namun dalam pembuatan prototipe ini sistem disederhanakan menjadi sebuah miniatur untuk mensimulasikan sistem kerja kontrol lup tertutup multi poin.

DASAR TEORI

Sistem Control Lup Tertutup

Sistem Kontrol loop tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol loop tertutup juga merupakan sistem control berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya). Diumpangkan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran system mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah “loop tertutup” berarti menggunakan aksi umpan balik untuk memperkecil kesalahan system



Gambar 1. Sistem control lup tertutup

Berikut ini adalah komponen pada sistem kendali tertutup:

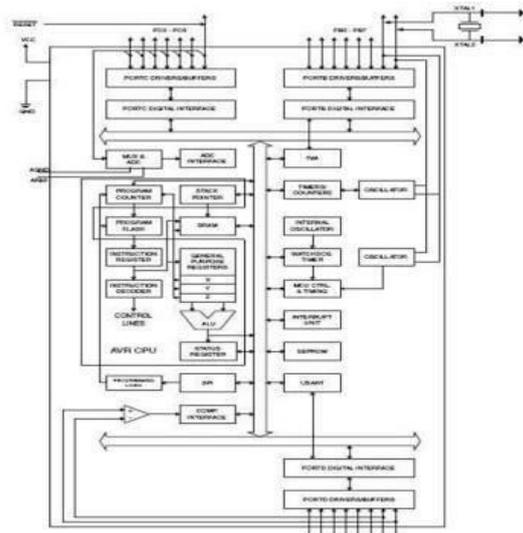
- 1) Input (masukan), merupakan rangsangan yang diberikan pada sistem kontrol, merupakan harga yang diinginkan bagi variabel yang dikontrol selama pengontrolan. Harga ini tidak tergantung pada keluaran sistem
- 2) Output (keluaran, respons), merupakan tanggapan pada sistem kontrol, merupakan harga yang akan dipertahankan bagi variabel yang dikontrol, dan merupakan harga yang ditunjukkan oleh alat pencatat
- 3) Beban/Plant, merupakan sistem fisis yang akan dikontrol (misalnya mekanis, elektrik, hidrolik ataupun pneumatic).
- 4) Alat kontrol/controller, merupakan peralatan/ rangkaian untuk mengontrol beban (sistem). Alat ini bisa digabung dengan penguat
- 5) Elemen Umpan Balik, menunjukkan/mengembalikan hasil pencatatan ke detector sehingga bisa dibandingkan terhadap harga yang diinginkan (di stel)
- 6) Error Detector (alat deteksi kesalahan), merupakan alat pendeteksi kesalahan yang menunjukkan selisih antara input (masukan)

dan respons melalui umpan balik (feedback path)

- 7) Gangguan merupakan sinyal-sinyal tambahan yang tidak diinginkan. Gangguan ini cenderung mengakibatkan harga keluaran berbeda dengan harga masukannya, gangguan ini biasanya disebabkan oleh perubahan beban sistem, misalnya adanya perubahan kondisi lingkungan, getaran ataupun yang lain.

Mikrokontroler AVR ATmega8

AVR merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang di dalamnya terdapat berbagai macam fungsi. Perbedaannya pada mikro yang pada umumnya digunakan seperti MCS51 adalah pada AVR tidak perlu menggunakan oscillator eksternal karena di dalamnya sudah terdapat internal oscillator. Selain itu kelebihan dari AVR adalah memiliki Power-On Reset, yaitu tidak perlu ada tombol reset dari luar karena cukup hanya dengan mematikan supply, maka secara otomatis AVR akan melakukan reset. Untuk beberapa jenis AVR terdapat beberapa fungsi khusus seperti ADC, EEPROM sekitar 128byte sampai dengan 512 byte. AVR ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 8K byte in-System Programmable Flash. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. Jika dibandingkan dengan ATmega8L perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe L, mikrokontroler ini dapat bekerja dengan tegangan antara 2,7 - 5,5 V sedangkan untuk ATmega8 hanya dapat bekerja pada tegangan antara 4,5 – 5,5 V. dapat dilihat pada gambar 2 blok diagram ATmega8.



Gambar 2. Blok Diagram ATmega8.

Pada AVR status register mengandung beberapa informasi mengenai hasil dari kebanyakan hasil eksekusi instruksi aritmatik. Informasi ini digunakan untuk altering arus program sebagai kegunaan untuk meningkatkan performa pengoperasian. Register ini di-update setelah operasi ALU (Arithmetic Logic Unit) hal tersebut seperti yang tertulis dalam datasheet khususnya pada bagian Instruction Set Reference. Dalam hal ini untuk beberapa kasus dapat membuang penggunaan kebutuhan instruksi perbandingan yang telah didedikasikan serta dapat menghasilkan peningkatan dalam hal kecepatan dan kode yang lebih sederhana dan singkat. Register ini tidak secara otomatis tersimpan ketika memasuki sebuah rutin interupsi dan juga ketika menjalankan sebuah perintah setelah kembali dari interupsi. Namun hal tersebut harus dilakukan melalui software.

Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh National Semiconductor. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus

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

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV . Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar $0,01^\circ\text{C}$ karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya. Jarak yang jauh diperlukan penghubung yang tidak terpengaruh oleh interferensi dari luar, dengan demikian digunakan kabel selubung yang ditanahkan sehingga dapat bertindak sebagai suatu antenna penerima dan simpangan didalamnya, juga dapat bertindak sebagai perata arus yang mengkoreksi pada kasus yang sedemikian, dengan menggunakan metode bypass kapasitor dari V_{in} untuk ditanahkan. Maka dapat disimpulkan prinsip kerja sensor LM35 sebagai berikut: Suhu lingkungan di deteksi menggunakan bagian IC yang peka terhadap suhu-suhu lingkungan ini diubah menjadi tegangan listrik oleh rangkaian didalam IC, dimana perubahan suhu berbanding lurus dengan perubahan tegangan output. Pada seri LM35 $V_{out} = 10\text{mV}/^\circ\text{C}$ 10 Tiap perubahan 1°C akan menghasilkan perubahan tegangan output sebesar 10mV .

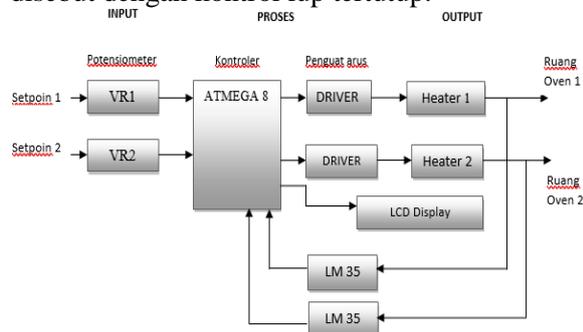
METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah rancang bangun, setelah mengetahui tujuannya yang akan dicapai maka dirancang rangkaian yang sesuai untuk keperluan yang dimaksud. Setelah rancangan rangkaian

selesai dibuat kemudian dilanjutkan dengan membangun rancangan dalam bentuk rangkaian yang sebenarnya (hardware) sehingga dapat diujikan dan dianalisa.

Diagram Blok Sistem

Diagram yang diperlihatkan pada gambar 3. menggambarkan konfigurasi sistem yaitu input, proses dan output. Terdapat 2 buah potensiometer pada input karena sistem yang dikendalikan adalah 2 ruang terpisah (multi room). Pada bagian proses terdapat sebuah mikrokontroler AVR yaitu ATmega8 yang diprogram untuk mengatur suhu oven panggang secara otomatis. Sedangkan pada output terdapat 2 buah penguat dan 2 buah plant (heater) untuk masing-masing oven dengan sebuah display LCD. Selain itu terdapat komponen umpan balik (feedback) yaitu sensor suhu LM35 yang berfungsi mengumpan balikkan output ke input mikrokontroler untuk dibandingkan yang disebut dengan kontrol lup tertutup.

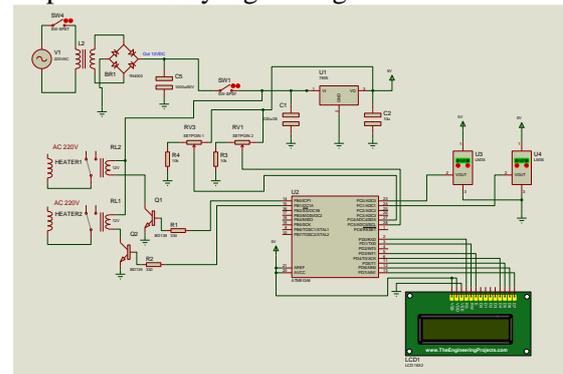


Gambar 3. Blok diagram sistem

Prinsip Kerja

Rangkaian keseluruhan sistem kendali suhu oven multiroom ditampilkan pada gambar 4. Dimana terdapat beberapa komponen utama misalnya sensor, mikrokontroler, penguat, heater dan display yang memiliki fungsi masing-masing. Sistem dikontrol oleh sebuah mikrokontroler AVR yaitu ATmega8 untuk mengatur suhu agar tetap stabil sesuai setpoint user. Perbedaan rancangan ini dibandingkan dengan kontrol suhu yang ada pada umumnya adalah sistem dapat mengendalikan suhu ruang terpisah bahkan lebih dengan sebuah kontroler. Cara kerja sistem diawali dengan membaca setpoint user. 2 masukan setpoint dibaca dengan sensor potensiometer oleh mikrokontroler. Output potensiometer yang merupakan sinyal analog diubah menjadi data digital dan dikalibrasi menjadi nilai suhu. kemudian mikrokontroler

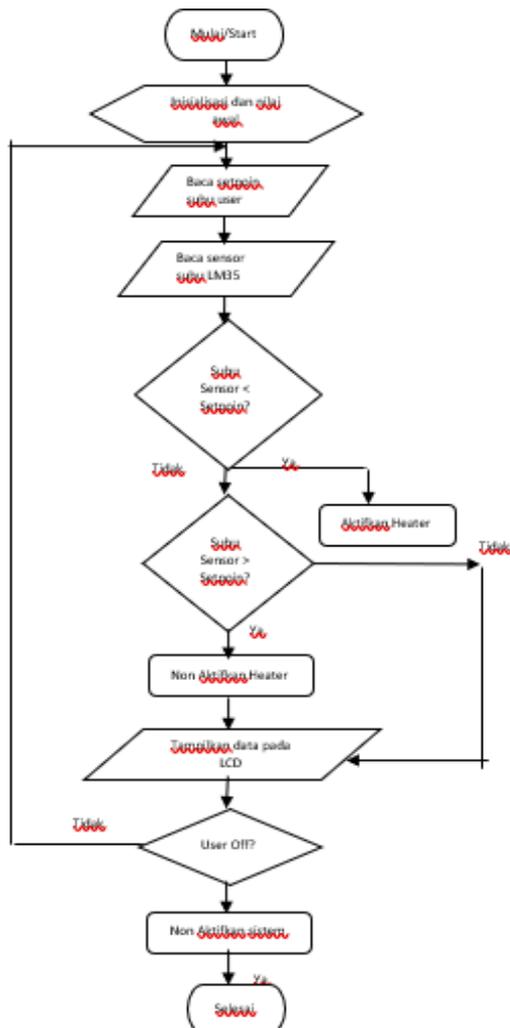
akan membandingkan suhu oven yang didera oleh 2 sensor suhu LM35 pada ruang oven secara terpisah. Sensor suhu juga merupakan sensor analog sehingga proses konversi dan kalibrasi tetap dibutuhkan. Dari hasil perbandingan output dan input jika suhu dibawah setpoint maka kontroler akan mengaktifkan elemen pemanas atau heater, sedangkan jika suhu oven melebihi setpoint heater akan dimatikan. Kedua ruang oven dikontrol secara terpisah dengan sebuah mikrokontroler atmega 8. Display LCD digunakan untuk menampilkan status suhu dan setpoint 2 oven yang sedang dikontrol.



Gambar 4. Rangkaian sistem kendali suhu panggang roti multi room.

Flowchart

Flowchart atau diagram alir menjelaskan alur proses kerja program. Dimulai inialisasi dan nilai awal yang dilanjutkan dengan membaca masukan sensor yaitu potensiometer setpoint dan sensor suhu. Kedua data dikalibrasi menjadi nilai suhu kemudian dibandingkan oleh program untuk menentukan aktifnya heater. Nilai data juga ditampilkan pada display LCD untuk keperluan monitor suhu oleh user.



Gambar 5. Flowchart sistem

HASIL dan ANALISIS

Hasil Pengujian Controller ATmega8

Pengujian kontroler dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian kontroler telah bekerja sesuai program atau tidak. Untuk itu dilakukan perbandingan antara program yang dibuat dgn hasil pengukuran. Dimana tiap port keluaran diukur dengan voltmeter kemudian dibandingkan dengan data yang diprogram. Jika terdapat perbedaan logik maka berarti ada kesalahan dan artinya kontroler belum bekerja dengan baik.

Algoritma program yang ditulis dalam bahasa C adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Algoritma Program

DDRB = 0xFF;
PORTB = 0xF8;
DDRC = 0xFF;
PORTC = 0x10;
DDRD = 0xFF;

```
PORTD = 0xA2;
```

Data tegangan hasil pengukuran pada pin mikrokontroler Atmega 8 adalah sbb:

Tabel 2. Hasil Ukur Tegangan

Pin	Vout(V)
1.	4,97
2.	0,0
3.	5,0
4.	0,0
5.	0,0
6.	0,0
7.	5,01
8.	0,0
9.	2,99
10.	2,01
11.	5,01
12.	0,0
13.	5,00
14.	0,01
15.	0,0
16.	0,0
17.	5,0
18.	5,01
19.	4,99
20.	5,01
21.	4,99
22.	4,91
23.	0,01
24.	0,0
25.	0,01
26.	0,0
27.	5,02
28.	0,0

Dengan demikian data logik keluaran tiap port adalah:

Tabel 3. Logika Port

PORTB: 11111000
PORTD: 10100010
PORTC: 00010000

Keterangan:

Dari data diatas dapat dilakukan perbandingan antara data program dengan data pengukuran dan dapat dilihat adanya kesamaan logik antara program dan keluaran tiap pin. Hasil menunjukkan tidak terdapat perbedaan, sehingga dapat dinyatakan rangkaian kontroler telah bekerja dgn baik.

Pengujian Transistor Penguat

Transistor yang digunakan adalah transistor jenis npn. Transistor jenis ini memiliki input basis yang dikendalikan oleh arus bias. Untuk menguji transistor ini harus dibuat rangkaian dengan input output nya agar dapat diukur tegangan masuk dan tegangan keluarannya. Transistor diatur untuk bekerja sebagai saklar atau switching. Input yang diberikan adalah logika 0 dan 1 dengan tegangan 0V dan 5V. Output transistor yaitu pin kolektor dihubungkan pada sebuah beban yaitu resistor 1K Ohm ke tegangan sumber 12V. Saat input basis diberi logika 0, output kolektor akan bertegangan 12V, sedangkan saat logika 1 diberikan pada input tegangan kolektor akan mendekati 0V. Berikut adalah hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan pada transistor BD139.

Tabel 4. Hasil pengukuran driver transistor /penguat arus

Logik	Input(basis)	Output(kolektor)	Arus(mA)
0	0,02V	12,08V	0,0
1	0,71V	0,01V	12,1 mA

Saat input 0V diberikan pada basis, transistor akan off sehingga tidak ada arus yang mengalir. Dengan demikian tegangan pada kolektor akan sama dengan tegangan vcc yaitu 12V. Saat input diberi bias arus akan menyebabkan transistor menjadi jenuh dan arus akan mengalir dari sumber ke resistor. Besar arus pada resistor tergantung pada jatuh tegangan pada resistor dan nilai resistor itu sendiri.

Pengujian Catu Daya Sistem

Catudaya yang digunakan adalah trafo stepdown. Pengujian dilakukan dgn mengukur tegangan keluaran catu daya saat berbeban dan tanpa beban. Terdapat 2 testpoint output yaitu output setelah penyearah dan output setelah regulator 7805. Berikut adalah data hasil pengukuran catu daya:

Tabel 5. Hasil pengukuran catu daya

	Output dc	Output regulator
Tanpa beban	14,6 V	5,03 V
Dgn beban	12,3 V	5,01 V

Dari pengukuran diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan rangkaian yang

dibuat yaitu 12V dan 5V. Dengan demikian pengujian ini dinyatakan berhasil.

Pengujian Relay

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah driver dan relay berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Tahap pertama pengujian adalah melihat pengaruh tegangan masuk terhadap relay. Hasil pengujian menunjukkan, saat diberi logika 1 pada basis driver transistor maka relay akan on. Kemudian saat tegangan keluaran dari basis transistor bernilai low, maka akan mematikan relay. Pengujian ini dilakukan dengan multimeter yang dihubungkan ke ground dan port tegangan masukan atau basis transistor. Hasil tegangan keluaran dari mikrokontroler ke basis transistor untuk dapat membuat relay aktif dapat dilihat pada Tabel 6 memperlihatkan bahwa tegangan pada basis transistor harus $\geq 0,7$ volt untuk dapat mengaktifkan relay. Sedangkan untuk tegangan $\leq 0,7$ volt tidak dapat mengaktifkan relay.

Tabel 6. Hasil pengujian pengaruh tegangan basis terhadap relay

No	Tegangan Basis (volt)	Kondisi relay
1	0,01	Tidak aktif
2	0,45	Tidak aktif
3	0,57	Tidak aktif
4	0,71	Aktif
5	0,80	Aktif

Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian dilakukan setelah semua komponen terhubung menjadi satu sistem. Prosedur pengujian adalah dengan mengaktifkan sistem, kemudian memberikan inputan dan mengamati output yang diberikan. Saat catu daya diaktifkan, Kontroler akan menunggu instruksi dari user melalui tombol start. Saat tombol start ditekan kontroler akan mulai bekerja. Pengujian dilakukan dengan memanaskan oven panggangan. Pada awalnya setpoin diatur pada suhu 55°C untuk oven A dan suhu 70°C pada oven B. Setelah start, tampak kedua heater pada masing-masing oven aktif. Display menunjukkan kenaikan suhu pada kedua oven. Setelah

beberapa detik suhu pada oven A mencapai 55°C. Saat ini heater oven A langsung mati beberapa saat sedangkan pada oven B terus menyala. Beberapa saat kemudian suhu oven B juga mencapai setpoint yaitu 70°C. Saat ini heater oven B dimatikan dan dipertahankan suhu tersebut. Tampak Suhu Oven B yang kemudian turun menjadi 54°C saat ini pula heater diaktifkan kembali. Setelah aktif, suhu pada oven B sempat over shot hingga 57°C, Saat ini pula heater oven A dimatikan. Demikian proses pengontrolan sistem pada 2 oven yang terpisah berjalan dengan penyimpangan 1 sampai 2 °C. Untuk hasil penyimpangan sebesar ini masih cukup baik untuk sebuah sistem pemanggang roti dibandingkan dengan cara konvensional yang dapat membuat penyimpangan suhu hingga 5°C lebih. Pengujian juga dilakukan untuk beberapa setpoint suhu yang berbeda dengan hasil yang berbeda. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian yang dilakukan pada sistem.

Tabel 7. Hasil pengujian sistem kontrol suhu multi point Setpoint 55°C (Oven A)

Waktu (detik)	Temperatur (°C) Termometer	Tampilan LCD (°C)	Status Heater
0	29,5	29,8	Aktif
6	32,8	33,1	Aktif
15	42,7	43,4	Aktif
16	44,5	44,9	Aktif
20	50,1	50,8	Aktif
26	51,6	52,3	Aktif
32	52,9	53,6	Aktif
43	54,7	55,8	Non aktif
54	55,8	56,3	Non aktif
65	57,2	57,3	Non aktif
78	56,3	56,8	Non aktif
88	55,1	54,9	Aktif
103	54,4	54,3	Aktif
128	53,8	55,5	Non aktif
137	55,2	55,6	Non aktif

Tabel 8. Hasil pengujian sistem kontrol suhu multi point Setpoint 70°C (Oven B)

Waktu	Temperat	Tampilila	Status
-------	----------	-----------	--------

(detik)	ur (°C) Termometer	n LCD (°C)	Heater
0	29,5	29,8	Aktif
6	32,8	33,1	Aktif
15	42,7	43,4	Aktif
16	44,5	44,9	Aktif
20	50,1	50,8	Aktif
26	51,6	52,3	Aktif
32	52,9	53,6	Aktif
43	54,7	55,8	Aktif
54	55,8	56,3	Aktif
65	57,2	57,3	Aktif
78	62,3	63,8	Aktif
88	66,1	67,9	Aktif
103	69,4	70,3	Non aktif
128	70,8	71,5	Non aktif
137	71,5	72,2	Non aktif
149	72,1	71,7	Non aktif
158	70,7	70,1	Non aktif
167	68,3	68,8	Aktif
175	69,4	69,9	Aktif
182	71,2	72,3	Non aktif

KESIMPULAN

Beberapakesimpulandapatdituliskan:

- 1) Sistem kontrol suhu multi poin dapat dirancang dengan menggunakan satu pengontrol seperti mikrokontroler AVR dan sebagainya yang memiliki beberapa masukan analog dan beberapa port I/O digital.
- 2) Sistem dapat diatur secara maksimal walaupun terdapat 2 objek atau bahkan lebih yang dikendalikan karena respon cukup baik untuk mikrokontroler yang digunakan.
- 3) Terjadi penyimpangan maksimal 2,3 °C atau 3,2 % dari setpoint, hal ini diakibatkan karena over shot akibat aksi kontrol heater sama dengan dengan setpoint. Hal ini dapat diatasi dengan mengatur suhu off heater dibawah setpoint 1 atau 2 derajat. Namun dalam hal ini sesuai aplikasinya yaitu panggangan roti, overshoot sebesar 2°C masih dapat diterima dengan hasil yang cukup baik.
- 4) Efek overshoot diakibatkan oleh metode kendali on-off karena heater hanya bekerja

pada 2 kondisi dan pemilihan tipe heater yang kurang tepat.

- 5) Pemrograman bahasa C pada mikrokontroler berhasil direalisasikan dengan bantuan code vision AVR 3.27 dan berhasil diunggah pada chip atmega 8 sehingga sistem kontrol dapat bekerja dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, Penerbit National Semiconductors. 1995.
- [2] Anonim, ADC08xx Compatible A/D Converters, Penerbit National Semiconductors. 1995
- [3] Bishop, Owen, Dasar - dasar Elektronika. Jakarta: Penerbit PT. Gelora Aksara Pratama, 2004.
- [4] Malvino, P.A., Prinsip - prinsip Elektronika, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1995
- [5] Millman, & Halkias, Elektronika Terpadu, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1993.
- [6] Putra, A. E., Belajar Mikrokontroler AT 89S51/52/55 (Teori dan Aplikasi), Yogyakarta: Penerbit Gava Media, 2002.
- [7] Suratman, M., Tafsiran Kamus Elektronika, Yogyakarta: Penerbit CV Pustaka Grafika, 2002.
- [8] Tirtamihardja, Elektronika Digital, Yogyakarta: Penerbit Andi. 1996.
- [9] Abdul Kadir 1991, Pemrograman Dasar Turbo C Untuk Ibm P, Andi Offset. Yogyakarta
- [10] Malvino, Albert Paul. 2003. Prinsip – prinsip Elektronika, Jilid 1 & 2, Edisi Pertama. Penerbit: Salemba Teknika. Jakarta
- [11] Budi Raharjo 2006, Pemrograman C dan implementasinya, penerbit Informatika, Bandung.
- [12] Pernantin Tarigan 2011, Sistem Tertanam (Embedded System), Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.