

“MODIFIKASI WATERBATH MERK MEMMERT BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51”

Tsalits Agus Salim⁽¹⁾, Triwiyanto⁽²⁾, Andjar Pudji⁽³⁾

ABSTRACT

Waterbath is laboratory equipment used to stabilize the sample, temperature is controlled through the medium of water, which is used where the temperature between 30 0C to 40 0C by setting timer 1 minute to 15 minutes.

To maintain the desired temperature stability, the system initially heat the water by using a heater. Then once the desired temperature is reached, the heater will be controlled heating. When below the setting temperature, the heater will turn on and when the temperature setting on the heater turns off, so the temperature will be maintained at specified temperatures. Waterbath are often used in laboratories, where the working principle of this research is to utilize feedback from the detector temperature to maintain a stable temperature of the sample in an aqueous medium such waterbath. In the previous waterbath just use a thermostat as well as a temperature sensor controls the temperature, see that the author tried to improve this tool by using a microcontroller system to operate more easily and efficiently.

Based on the results of measurements and calculations on the water temperature with a thermometer as kalibratornya water, obtained an average temperature error is 0.16%. While the timer with a stopwatch as kalibratonya, obtained an average error of time that is equal to 0.31%. In general it can be concluded that the tool is appropriate.

keyword : *waterbath, temperature, timer*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sebagai seorang yang menekuni bidang kesehatan, diharapkan dapat memberikan pelayanan kepada masyarakat sesuai dengan keahliannya secara cepat, efektif, dan efisien dengan tanpa mengesampingkan resiko yang ditimbulkan.

Dalam bidang kesehatan, khususnya dalam bidang laboratorium, *Waterbath* adalah alat yang digunakan untuk mempertahankan suatu sampel agar tidak rusak sebelum diuji atau diteliti dengan cara menempatkan sampel tersebut dalam media air yang terkontrol suhunya. Sampel yang diinkubasi dapat berupa plasma, serum darah, reagen, dan enzim-enzim tertentu. Di laboratorium pada rumah sakit, *waterbath* sering digunakan untuk menyimpan antrian serum darah pasien yang ingin dicek seperti kadar glukosa, kolesterol, dan lain sebagainya

Pada *waterbath* merk *Memmert* sebelumnya, untuk menjaga kestabilan suhu

media air tempat sampel diletakkan hanya menggunakan *termostat* sebagai sensor suhu sekaligus kontrol suhunya, tanpa adanya suatu tampilan suhu media air yang digunakan sehingga kita tidak bisa mengetahui apakah suhu yang diinginkan sudah tercapai atau belum dan tampilan suatu timer untuk mengetahui dan mengatur berapa lama waktu inkubasi sampel dalam media air pada *waterbath* tersebut.

Sehubungan dengan itu, peneliti merencanakan dan membuat alat dengan judul, “**Modifikasi Waterbath Merk Memmert Berbasis Mikrokontroler AT89S51**”, dimana peneliti akan membuat suatu pengontrol suhu media air dalam *waterbath*, yang dapat mengukur temperatur air pada *waterbath* tersebut menggunakan sensor suhu LM35, dan hasil pengukuran ditampilkan pada display *seven segment* serta, penambahan fungsi timer melalui mikontroler AT89S51 yang ditampilkan pada display *seven segment* untuk mengetahui dan mengatur berapa lama waktu inkubasi sampel dalam media air pada

⁽¹⁾Alumni Teknik Elektromedik, ^{(2),(3)}Dosen Jurusan Teknik Elektromedik Surabaya.

waterbath tersebut. Sistem pengontrolan menggunakan kontroller AT89S51, dimana kontroller ini berfungsi untuk mengatur dan membandingkan antara setting point suhu dan suhu yang terukur oleh sensor suhu LM 35

Batasan Masalah

Agar tidak terjadi pelebaran masalah yang akan dibahas, maka peneliti membatasi pembahasan pada:

1). Setingan suhu 30°C s. d 40°C pada *waterbath* tersebut. 2). Setingan timer sampai dengan 15 menit. 3). Tampilan suhu *seven segment* terdiri atas 2 digit. 4). Tampilan timer *seven segment* terdiri atas 4 digit, dua digit untuk menit dan 2 digit selanjutnya untuk detik.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah diatas, maka dapat diketahui rumusan masalah yang ada, yaitu :

“Apakah kontrol suhu pada *waterbath* dapat berfungsi dengan baik?

Tujuan Penelitian

Tujuan pembuatan Penelitian ini adalah

Tujuan Umum

Dimodifikasinya *Waterbath* Berbasis Mikrokontroller AT89S51”.

Tujuan Khusus

1.) Membuat rangkaian sensor suhu LM35. 2.) Membuat rangkaian pengkondisian sinyal dari sensor suhu LM35. 3.) Membuat rangkaian ADC0804. 4.)Membuat rangkaian mikrokontroler AT89S51. 5.)Membuat rangkaian driver heater. 6.)Membuat rangkaian driver buzzer. 7.)Membuat rangkaian display seven segment untuk suhu dan timer. 8.) Membuat rangkaian setting up, down, dan enter.

Manfaat

Manfaat Teoritis

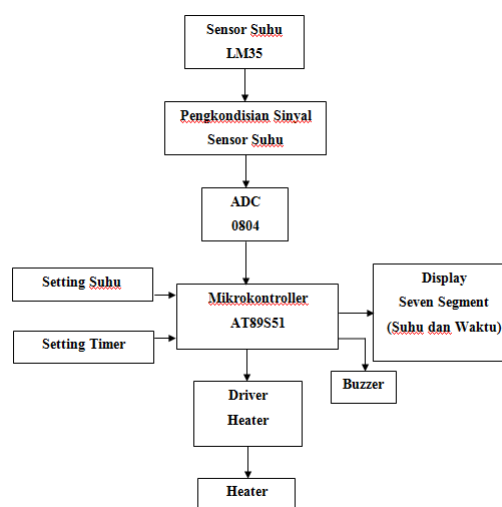
Menambah pengetahuan tentang alat laboratorium khususnya *waterbath*

Manfaat Praktis

Memudahkan petugas laboratorium untuk mengoperasikan *waterbath* dengan pengaturan suhu dan waktu.

Metode Penelitian

Blok Diagram



Gambar 1. Blok diagram alat

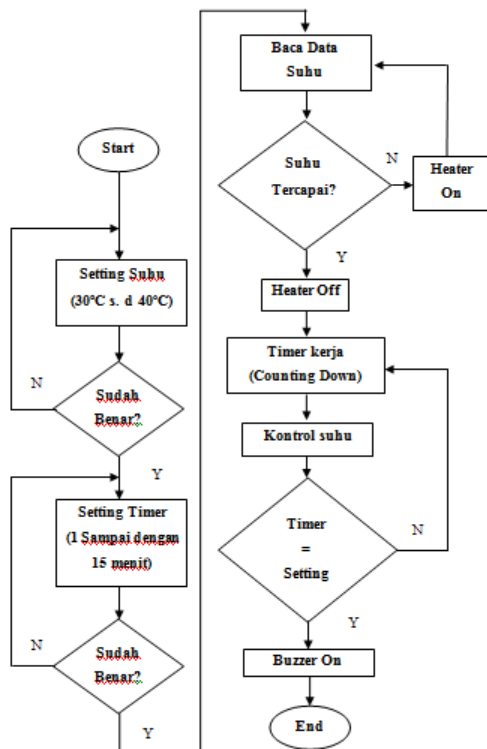
Cara Kerja Blok Diagram

Setelah tombol Power ditekan maka, rangkaian power supply akan aktif menyuplai semua rangkaian, kemudian setting suhu sesuai yang kita inginkan (30°C sampai dengan 40°C) dan setting timer (1 menit sampai dengan 15 menit). Tekan Enter dan heater mulai aktif. LM35 berfungsi menyensor suhu air pada *waterbath* dengan karakteristik 10mV/ 1⁰C. Sensor Suhu LM35 mempunyai 3 kaki: Input, ground dan output kemudian output dimasukkan pada rangkaian pengkondisi sinyal. Rangkaian pengkondisian sinyal tersebut digunakan untuk mengolah data analog dari sensor suhu LM35, sebelum diolah oleh *Analog to Digital Converter* (ADC). Kemudian sinyal tersebut masuk ke rangkaian ADC 0804 dan diolah dari data analog menjadi data digital. Data digital yang dikeluarkan oleh ADC 0804 selanjutnya akan diolah oleh IC mikrokontroller AT89S51 dan

ditampilkan pada display *seven segment* dalam bentuk puluhan suhu dan satuan suhu .

Sedangkan setting timer yang kita lakukan akan diolah oleh ic mikrokontroller AT89S51 dan akan ditampilkan pada display *seven segment* pula. Driver heater bekerja berdasarkan suhu setting sebelumnya. Apabila di bawah suhu setting maka, driver heater akan aktif dan begitu pula sebaliknya apabila diatas suhu setting maka, driver heater akan non-aktif, sehingga kestabilan suhu air terjaga pada suhu settingan yang telah ditentukan sebelumnya. Begitu suhu tercapai maka, timer akan mulai menghitung mundur sesuai dengan settingan timer yang telah kita lakukan. Apabila timer telah habis maka, buzzer akan berbunyi menandakan waktu proses penyimpanan sampel telah habis.

Diagram Alir Alat



Gambar 2. Flow chart software.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian untuk penelitian ini yaitu penelitian preekperimental.

Analisis Data

Variabel Bebas

Sebagai variabel bebas adalah suhu (derajat panas) media air yang digunakan pada *waterbath*.

Variabel Tergantung

Sebagai Sebagai variabel tergantung yaitu tampilan suhu dan timer karena bergantung pada suhu setting dan timer yang ada pada pesawat *waterbath*

Variabel Terkendali

Sebagai variabel terkendali adalah *Analog to Digital Converter (ADC)*.

Definisi Operasional Variabel

Dalam kegiatan operasionalnya, variabel-variabel yang digunakan dalam perencanaan pembuatan penelitian, baik variabel terkendali, terikat dan bebas memiliki fungsi-fungsi antara lain :

- 1). *Waterbath* berfungsi untuk alat yang digunakan untuk mempertahankan suatu sampel agar tidak rusak sebelum diuji atau diteliti dengan cara menempatkan sampel tersebut dalam media air yang terkontrol suhunya.
- 2). LM35 berfungsi sebagai suatu sensor suhu.
- 3). *Seven Segment* berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan suhu dan timer.
- 4). *Analog to Digital Converter (ADC)* berfungsi mengolah data analog menjadi data digital

HASIL DAN ANALISIS

Hasil Pengujian dan Analisa Data

Setelah alat itu selesai dibuat, maka dilakukan pengukuran pada beberapa test point yang telah ditentukan.

Ada beberapa titik pengukuran dan beberapa keadaan pada saat dilakukan pengukuran yaitu sebagai berikut:

Pengukuran Terhadap Output Sensor LM35 dan Beberapa Titik Pengukuran Pada Rangkaian

Tabel 1 Pengukuran terhadap beberapa test point dan output sensor suhu LM35

Setting Suhu (Derajat Celcius)	output LM35	Input Buffer TP1	Output Buffer TP2	Vset Adder TP2	Output Adder TP3	Output Inverting TP4	Vref ADC TP5
30	316 mV	316 mV	316 mV	-200 mV	-98 mV	1062 mV	1253 mV
31	319 mV	319 mV	319 mV	-200 mV	-103 mV	1122 mV	1253 mV
32	334 mV	334 mV	334 mV	-200 mV	-118 mV	1256 mV	1253 mV
33	344mV	344mV	344mV	-200 mV	-129 mV	1362 mV	1253 mV
34	354mV	354mV	354mV	-200 mV	-138 mV	1468 mV	1253 mV
35	360 mV	360 mV	360 mV	-200 mV	-143 mV	1528 mV	1253 mV
36	371 mV	371 mV	371 mV	-200 mV	-153 mV	1628 mV	1253 mV
37	378 mV	378 mV	378 mV	-200 mV	-162 mV	1735 mV	1253 mV
38	391 mV	391 mV	391 mV	-200 mV	-174 mV	1840 mV	1253 mV
39	399 mV	399 mV	399 mV	-200 mV	-182 mV	1913 mV	1253 mV
40	411 mV	411 mV	411 mV	-200 mV	-193 mV	1998 mV	1253 mV

Pengukuran Suhu Air Menggunakan Kalibrator Thermometer air

Tabel 2 Pengukuran suhu air dengan setting waktu 15 menit

Waktu	Vx	Dalam Celcius										
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
15 Menit	X1	30,2	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	X2	30	31	32	32,8	33,8	34,8	36	37	38,2	39	40
	X3	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40,2
	X4	30,2	31	31,8	33	34	35	35,8	38	38	39,2	40
	X5	30	30,8	32	33	34	35	36	37	37,8	39	40
Rata-Rata		30,08	30,96	31,96	32,96	33,96	34,96	35,96	37,20	38,00	39,04	40,04
Simpangan SD		0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,20	0,00	0,04	0,04
UA Ketidakpastian		0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,45	0,14	0,09	0,09
% Error		0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,20	0,06	0,04	0,04
U95		0,27	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,54	0,00	0,10	0,10
Rata +U95		0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,51	0,16	0,10	0,10
Rata -U95		30,13	31,10	32,10	33,10	34,10	35,10	36,10	37,51	38,16	39,10	40,10
Rata -U95		29,87	30,90	31,90	32,90	33,90	34,90	35,90	36,49	37,84	38,90	39,90

Tabel 3 Pengukuran waktu dengan setting waktu 15 menit

Timer	Xn	Jumlah Detik		
		900		
15 Menit	X1	899		
	X2	899		
	X3	899		
	X4	899	Rata-Rata	899,18
	X5	899	Simpangan	0,82
	X6	900	SD	0,40
	X7	899	UA Ketidakpastian	0,12
	X8	900	% Error	0,09
	X9	899	U95	0,31
	X10	899	Rata +U95	900,31
	X11	899	Rata -U95	899,69

Pengukuran suhu 37 °C dengan waktu 15 menit:

Rata-rata = 37,20 °C

Dari rumus rata-rata diatas maka diperoleh hasil rata-rata sebesar **37,20 °C**.

Simpangan = -0.20 °C

Dari rumus simpangan diatas maka selisih dari rata-rata nilai dari harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur adalah **-0.20 °C**

Error = 0,54%

Dari rumus % Error diatas maka nilai persen dari simpangan (error) terhadap nilai yang dikehendaki adalah **0,54%**.

Dari rumus standart deviasi diatas maka nilai yang menunjukkan tingkat (derajat) variasi kelompok data atau ukuran standart penyimpangan dari rata-rata sebesar **0.45**.

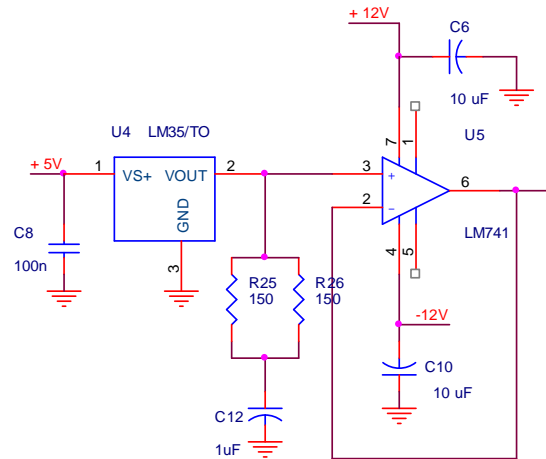
Dari hasil penghitungan rumus perhitungan ketidakpastian diatas maka nilai perkiraan tentang hasil pengukuran yang

didalamnya terdapat harga yang benar adalah **0.20**

U95 = 37,514 °C

PEMBAHASAN

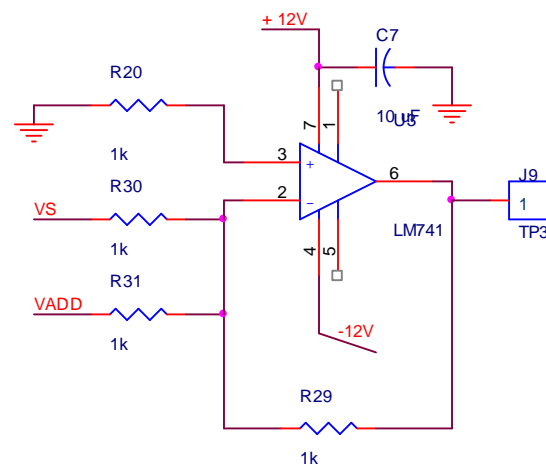
Rangkaian Sensor Suhu LM35



Gambar 3 Rangkaian Sensor Suhu LM35

Rangkaian sensor suhu dalam penelitian ini menggunakan LM35, tegangan output dari LM35 (pin 2) masuk pada (pin 3) LM741. LM741 disini digunakan sebagai rangkaian buffer/ penyangga yang berfungsi untuk menstabilkan outputan sinyal analog dari outputan sensor suhu LM35 (pin 2). Kemudian outputan dari IC LM741 (pin 6) akan diteruskan ke rangkaian adder.

Rangkaian Adder



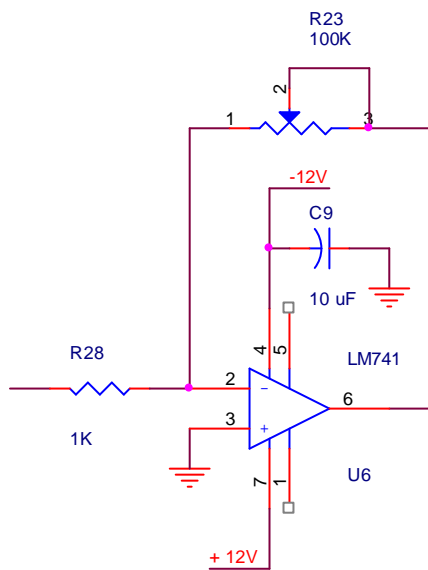
Gambar 4 Rangkaian Adder

Rangkaian *Adder* dalam desain perancangan pengendalian suhu dalam waterbath ini digunakan sebagai pengkondisi *signal* untuk *adjust output* tegangan sesuai yang diinginkan. Dalam penelitian ini rangkaian *Adder* menggunakan sebuah op amp LM741 yang digunakan sebagai penggeser tegangan. Tegangan yang digeser adalah tegangan keluaran dari LM35 (pin 2) setelah keluar dari rangkaian buffer, sehingga nantinya *output* dari sensor dapat digeser sesuai dengan yang kita harapkan.

Inputan rangkaian *Adder* terdiri atas 2, yaitu: pertama inputan dari buffer yang berasal dari sensor suhu LM35 dan yang kedua adalah *Vset* yang telah ditentukan yaitu sebesar -0,20 V. Kedua input tegangan tersebut sama-sama masuk ke LM741 (pin 2).

Output dari rangkaian *Adder* ini yaitu, LM741 (pin 6) yang masih berupa tegangan negatif akan masuk ke rangkaian *inverting amplifier*.

Rangkaian Inverting Amplifier



Gambar 5 Inverting Amplifier

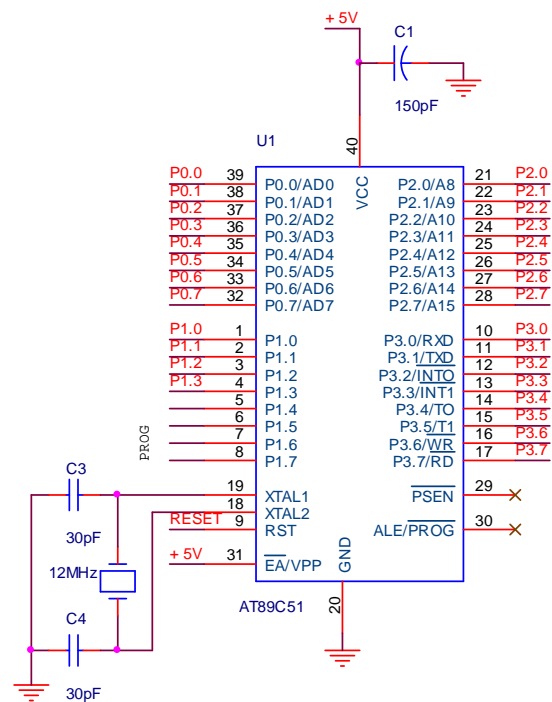
Inputan dari rangkaian *Adder* akan masuk kedalam rangkaian *Inverting Amplifier*. Hal itu terjadi karena output dari rangkaian *Adder* masih berupa tegangan negatif. Sehingga hasil dari rangkaian *Inverting Amplifier* berupa tegangan positif yang telah dikuatkan sebanyak 10 kali. Dalam penelitian ini rangkaian *Inverting Amplifier* menggunakan sebuah op amp LM741. Input dari rangkaian *Adder* masuk ke (pin 2) sedangkan output dari

rangkaian *Inverting Amplifier* (pin 6) selanjutnya masuk ke rangkaian *ADC 0804*.

Mikrokontroler AT89S51

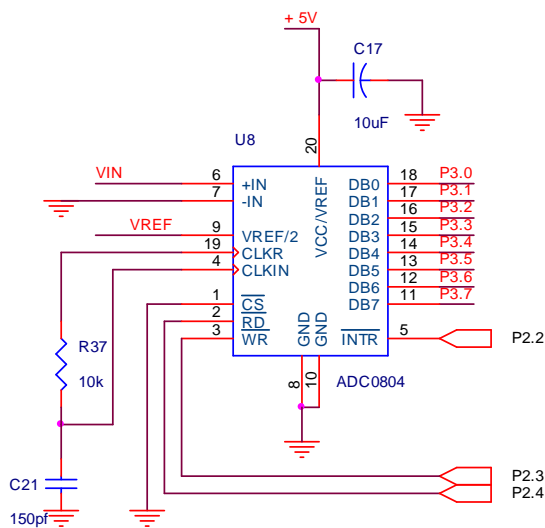
Mikrokontroler AT89S51 adalah komponen produksi Atmel yang berorientasi pada control dengan level logika CMOS. Komponen ini termasuk keluarga MCS51, rangkaian integrasi tersebut memiliki perlengkapan single chip mikrokomputer. Perlengkapan yang dimaksud adalah CPU (Central Processing Unit) yang terdiri dari komponen yang perlengkapan yang saling berhubungan dengan komponen yang lain. Diantaranya Register, ALU (Arithmetic Logic Unit), Unit Pengendali.

Pada alat ini menggunakan IC Mikrokontroler jenis AT89S51 karena memiliki kapasitas data memory 128 Ram. Kapasitas ini digunakan untuk menyimpan software yang digunakan untuk mengontrol kerja alat



Gambar 6. Rangkaian target

Rangkaian ADC 0804



Gambar 7 Rangkaian ADC 0804

Inputan dari rangkaian Inverting Amplifier akan masuk (pin 6) *ADC 0804* untuk diolah menjadi data digital, sehingga keluaran dari ADC akan masuk ke mikrokontroler port 3. Pada rangkaian *ADC 0804* terdapat pengaturan *Vref* menggunakan *multiturn* untuk mengatur tegangan referensi yang dibutuhkan yaitu $\frac{1}{2}$ x tegangan input maksimal. Jadi *Vref ADC 0804* = $\frac{1}{2}$ x 2,5 = 1,25 Volt.

Listing Program Pengambilan Data ADC:

```

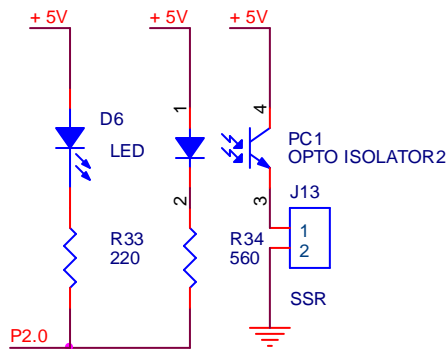
ADC:
    clr P2.3; pin wr
    nop
    nop
    nop
    nop
    setb P2.3; pin wr
eoc:
    jb P2.2,eoc; pin int
    clr p2.4; pin rd
    mov A,P3
    mov dataADC,A
    setb p2.4; pin rd
ret
  
```

Pada program tersebut digunakan sebagai subrutin untuk konversi *ADC 0804*. Port P2.3 mikrokontroler yang mengatur pin *WR* aktif dengan memberikan pulsa dari low ke high sehingga proses konversi berlangsung dan port P2.2 mikrokontroler yang mengatur pin

INTR berguna untuk mendeteksi jika *ADC 0804* telah melakukan konversi. Setelah terdeteksi *ADC 0804* selesai melakukan konversi yang ditandai dengan pin *INTR* yang berlogika low maka, mikrokontroler kemudian memberi perintah port P2.4 mikrokontroler yang mengatur pin *RD*. Pin *RD* merupakan pin yang mengatur pembacaan data hasil konversi *ADC 0804*. Mikrokontroler dapat membaca data hasil konversi *ADC 0804* dengan memberi logika low pada pin *RD* tersebut. Setelah itu data pada *ADC 0804* akan disalin sementara ke *accumulator* untuk kemudian disalin ke *dataADC*. Data yang ada di *dataADC* akan dikirim ke port 3 mikrokontroler sebagai data digital. Untuk kemudian akan diolah oleh mikrokontroler untuk ditampilkan ke seven segmen sebagai suhu dalam bentuk puluhan suhu dan satuan suhu.

Pada program tersebut digunakan menampilkan suhu ke display seven segmen. Apabila akan ditampilkan suhu 30⁰C semua data yang ada di *lookup table* di simpan di *DPTR*, kemudian dilanjutkan dengan penyalinan *dataADC* misalnya suhu satuan 0 dan suhu puluhan 3 yang diambil dari program pengambilan data *ADC 0804* yang disimpan ke *Accumulator*. Mikrokontroler kemudian membaca byte data dari memori program dengan alamat yang ada *DPTR* dan *Accumulator*, kemudian data tersebut di simpan ke dalam *Accumulator*. Mikrokontroler pun menyimpan *decoder7segmen* ke *DPTR*. Mikrokontroler kemudian membaca byte data dari memori program dengan alamat yang ada *DPTR* dan *Accumulator*, kemudian data tersebut di simpan ke dalam *Accumulator*. Data yang ada *Accumulator* dikirim ke port P0 mikrokontroler dan ditampilkan ke setiap seven segmen. Seven segmen yang diaktifkan diatur melalui port P2.5, port P2.6, dan port P2.7 mikrokontroler dengan memberi logika "1" atau "0" pada pin-pin *select* (pin A), (pin B), dan (pin C) pada IC 74LS138. Sehingga pada output IC 74LS138 akan mengeluarkan logika "0" untuk *mentrigger* transistor-transistor pnp sesuai dengan tabel kebenaran 74LS138 untuk menentukan seven segment mana yang diaktifkan.

Rangkaian Driver Heater



Gambar 8 Rangkaian Driver Heater

Kerja dari driver heater diatur oleh mikrokontroler port P2.0. Pada waterbath, saat suhu di bawah suhu setting maka, port mikrokontroler P2.0 akan berlogika “0” yang ditandai dengan led (D6) yang akan menyala. Bersamaan dengan itu maka (pin 2) *opto isolator* (PC1) akan mendapat logika “0” pula sehingga (pin 4) dan (pin 3) akan terhubung karena *opto transistor* yang ada didalam *opto isolator* (PC1) saturasi. Jika (pin 4) dan (pin 3) *opto isolator* (PC1) saturasi maka, *solid state relay* (SSR) akan aktif.

Pada waterbath, saat suhu di atas suhu setting maka, port mikrokontroler P2.0 akan berlogika “1” yang ditandai dengan led (D6) yang akan mati. Bersamaan dengan itu maka, (pin 2) *opto isolator* (PC1) akan mendapat logika “1” pula sehingga (pin 4) dan (pin 3) akan tidak terhubung karena *opto transistor* yang ada didalam *opto isolator* (PC1) cut off. Jika pin 4 dan 3 *opto isolator* (PC1) cut off maka, *solid state relay* (SSR) akan tidak aktif.

Listing Program Control Suhu:

ControlSuhu:

```
mov a,r5
mov b,dataADC
clr c
subb a,b
jnz OnHeater
ret
```

OnHeater:

```
jc OffHeater
clr p2.0;Instruksi hidupkan heater
acall delay
acall delay
setb p2.0;Instruksi matikan heater
```

acall delay

setb controlbit

ret

OffHeater:

setb p2.0;Instruksi matikan heater

clr controlbit

ret

Pada instruksi tersebut diambil selisih antara *dataSetting* yang dimasukkan ke R5 dan *dataADC* dengan menggunakan instruksi SUBB, pengurangan ini akan menghasilkan tiga keadaan yaitu: NOL, NEGATIF atau POSITIF. Hasil-hasil inilah yang harus dideteksi.

Apabila diberikan keadaan input sesuai dengan contoh tersebut maka:

$A = \text{dataSetting} = 35$

$B = \text{dataADC} = 30$

SUBB A,B

$A = 35 - 30 = 5$ (keadaan POSITIF)

Sesuai dengan instruksi diatas maka program akan menuju ke Ret OnHeater, pada baris ini dilakukan proses pengujian keadaan, dengan instruksi JC, karena keadaan POSITIF maka C=0 (clear) sehingga program akan memanggil HeaterOn

Apabila diberikan keadaan input sesuai dengan contoh tersebut maka:

$A = \text{dataSetting} = 35$

$B = \text{dataADC} = 35$

SUBB A,B

$A = 35 - 35 = 00$ (keadaan NOL)

Sesuai dengan instruksi diatas maka program akan menuju ke Ret.

Apabila diberikan keadaan input sesuai dengan contoh tersebut maka:

$A = \text{dataSetting} = 35$

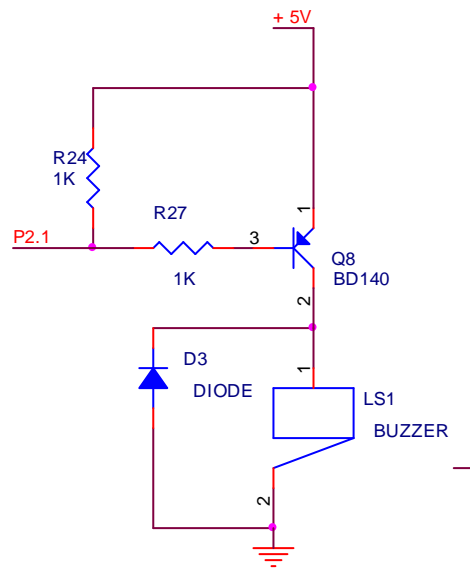
$B = \text{dataADC} = 36$

SUBB A,B

$A = 35 - 36 = -1$ (keadaan NEGATIF)

Sesuai dengan instruksi diatas maka program akan menuju ke OffHeater, pada baris ini dilakukan proses pengujian keadaan, dengan instruksi JC, karena keadaan NEGATIF maka C=1 (clear) sehingga program akan memanggil label OffHeater.

Rangkaian Driver Buzzer



Gambar 9 Rangkaian Driver Buzzer

Saat timer habis maka, port P2.1 dari mikrokontroler akan mengeluarkan logika “0” sehingga transistor Q8 akan yang bertipe PNP akan saturasi karena mendapat tegangan ($<0,7V$), sehingga Buzzer akan berbunyi.

Listing Program Buzzer:

endproses:

```

acall ADC
acall Display2SevenSegmen
acall ControlSuhu
acall endeddisplay
clr p2.1; buzzer nyala
acall Ldelay
acall Ldelay
jnb p1.2, startAgain
sjmp endproses
ret

```

Pada instruksi di atas ketika timer habis maka, mikrokontroler akan menuju label *endproses*. Isi label tersebut akan memanggil *Program Pengambilan data ADC dan Program kontrol suhu*, sehingga ketika timer habis yang menunjukkan waktu penyimpanan sampel telah habis, kontrol suhu tetap aktif. Buzzer akan terus aktif sebelum port P1.2 mendapat logika “0”. Apabila port P1.2 mendapat “0” maka, program akan menuju ke awal, dimana akan dilakukan penyettingan awal suhu dan timer kembali.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil pengujian dan pengukuran terhadap Pesawat “**Modifikasi Waterbath Merk Memmert Berbasis Mikrokontroler AT89S51**”, maka peneliti dapat menentukan suatu kesimpulan, bahwa :

1. Penyettingan suhu pada alat ini $30^{\circ}C$ sampai dengan $40^{\circ}C$, dengan kenaikan/penurunan setting suhu per $1^{\circ}C$.
2. Suhu yang ditampilkan ke seven segment pada alat ini dalam bentuk puluhan suhu dan satuan suhu.
3. Penyettingan timer pada alat ini 1 menit sampai 15 menit, dengan kenaikan/penurunan setting waktu per 1 menit
4. Waktu yang ditampilkan ke seven segment pada alat ini dalam bentuk menit dan detik.
5. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada suhu air dengan thermometer air sebagai kalibrasinya, diperoleh rata-rata error suhu yaitu sebesar 0,16 %. Sedangkan pada timer dengan stopwatch sebagai kalibrasinya, diperoleh rata-rata error waktu yaitu sebesar 0,31%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa alat ini layak dipakai.

Saran

Selain itu peneliti juga akan memberi sedikit saran yang berhubungan dengan alat yang peneliti buat.

1. Alat ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan Sistem kontrol suhu yang lebih baik, misalkan kontrol suhu menggunakan kontrol PID.
2. *Overshoot* pada saat kelebihan suhu dapat dikurangi seminim mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

<http://ripanimusyaffalab.blogspot.com/2010/02/test-lab-hemostasis.html>

Triwiyanto. Buku Panduan Teori dan Praktikum Mikrokontroler MCS-51. Surabaya. Jurusan Teknik Elektromedik 2004