

Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Untuk Mengukur Selisih Dua Keadaan

Desmon Kendek Allo, Dringhuzen J. Mamahit. ST., M.Eng, Drs. Bahrun, M.Kes,
Novi M. Tulung, ST, MT

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115, Email: desmon.allo@yahoo.co.id

Abstrak - Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini sangat pesat, sehingga banyak bermunculan peralatan yang tidak lepas dari penggunaan alat listrik. Seiring itu pula diproduksi peralatan-peralatan yang berteknologi tinggi untuk pemakaian makin efektif dan efisien, dengan demikian makin sedikit membutuhkan tenaga manusia dan selebihnya digerakkan dengan kontrol listrik otomatis. Pesawat elektronika yang ada dipasaran ada yang analog dan ada juga yang digital.

Tugas akhir ini membahas perancangan alat ukur temperatur untuk mengukur dua keadaan secara bersamaan dan menampilkan selisihnya pada LCD menggunakan komponen-komponen dasar berupa dua buah sensor suhu, mikrokontroler dan LCD sebagai fasilitas penampil. Sistem akuisisi data suhu menjadi satu hal yang sangat penting dalam kegiatan perindustrian, karena merupakan sebagian kecil dari sebuah proses kontrol. Berkenaan dengan pentingnya sistem, maka dilakukan perancangan sistem akuisisi data suhu yang mampu melakukan kegiatan monitoring suhu suatu plant. Data yang akan diukur merupakan sebuah besaran fisis temperature sehingga untuk dapat diolah dan ditampilkan dalam bentuk sistem elektris digunakan sensor suhu LM35 yang mampu mengkonversi besaran tersebut dengan kenaikan $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Untuk dapat merancang sistem maka pertama kali dilakukan proses mengubah suhu menjadi tegangan analog menggunakan sensor suhu LM35. Setelah melalui proses pengkondisian sinyal dengan cara dikuatkan, tegangan analog diubah menjadi data digital. Data digital yang diperoleh kemudian diolah oleh mikrokontroler ATmega8535 dan ditampilkan, sehingga didapatkan suatu informasi mengenai suhu plant dengan satuan $^\circ\text{C}$ pada sebuah LCD. Untuk pemrogramannya, digunakan bahasa C-AVR (code vision AVR). Dari perancangan sistem akuisisi data suhu didapatkan hasil bahwa sistem ini memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dari 25°C sampai 100°C .

Kata kunci : C-AVR, *Liquid Crystal Display*, Mikrokontroler ATmega8535, Sensor Temperatur.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin meningkat terutama dibidang elektronika. Hal ini ditandai dengan begitu pesatnya kemajuan yang terjadi dengan diciptakannya pesawat elektronika yang semakin canggih. Banyak keuntungan yang diperoleh dari perkembangan yang pesat dibidang elektronika diantaranya adalah dapat membantu manusia dalam menyelesaikan beban tugasnya, sehingga waktu, tenaga, dan biaya yang digunakan dapat dihemat. Aktifitas yang bersifat rutin, sekarang ini banyak digantikan oleh peralatan-peralatan yang dirancang secara otomatis, yang dapat bekerja menggantikan tenaga manusia.

Pesawat elektronika yang ada dipasaran ada yang analog, ada juga yang digital. Pada pesawat-pesawat analog, penunjukan yang digunakan merupakan persamaan dari nilai

satuan yang diukur, sedangkan pada pesawat digital penunjukan hasil ukurnya, langsung ditampilkan dalam bentuk angka atau digit. Jika dibandingkan antara pesawat analog dan digital, maka hasil pengukuran pesawat digital lebih mudah diamati dan tingkat ketelitiannya juga lebih baik.

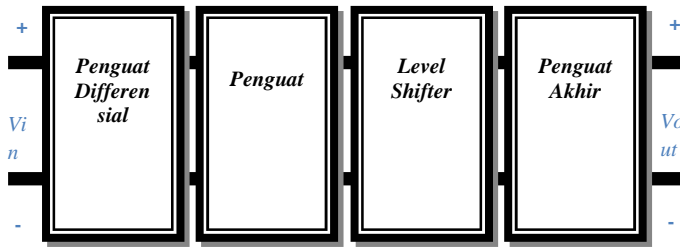
Sistem digital yang digunakan dalam peralatan-peralatan elektronika, termasuk diantaranya adalah digunakan sebagai alat pengontrol suhu ruangan agar kondisi suhu ruangan sesuai dengan yang diinginkan. Suhu kamar suhu ruangan, dalam penggunaan ilmiah, dianggap kurang lebih antara 20 sampai 25 derajat Celcius ($^\circ\text{C}$). Untuk kemudahan penghitungan, sering digunakan angka 20°C atau 293 K . Untuk kenyamanan manusia, rentang suhu dan kelembaban relatif dapat diterima.

Kaitannya dengan pengontrol, dalam memenuhi kebutuhan akan kondisi suhu yang diinginkan, manusia banyak merancang suatu alat yang dapat digunakan untuk mengontrol suhu tersebut. Sebagai contoh di masyarakat misalnya, dirumah sakit terdapat suatu ruangan dengan suhu tertentu untuk penyimpanan obat-obatan, untuk menjaga agar obat-obatan tersebut tidak mudah rusak. Juga dalam mengatur atau mengontrol suhu air dalam boiler alat ini bisa dikembangkan. Dalam hal ini dibutuhkan pengaturan suhu yang sesuai dengan kondisi suhu yang diinginkan. Berangkat dari fenomena tersebut, maka dalam penelitian ini akan dirancang suatu alat untuk mengatur suhu suatu plant dengan sistem digital, yang dituangkan dalam sebuah Tugas Akhir dengan judul "Rancang bangun alat ukur temperatur untuk mengukur selisih dua keadaan".

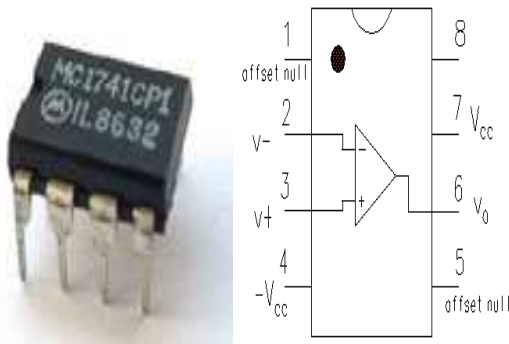
II. DASAR TEORI

B. Termometer

Suhu adalah ukuran panas dinginnya suatu benda. Panas dinginnya suatu benda diukur menggunakan alat ukur termometer, yaitu termometer: *Celsius*, *Reamur* dan *Fahrenheit*. Pada termometer Celsius air membeku pada skala 0 dan mendidih pada skala 100, pada termometer Reamur air membeku pada skala 0 dan mendidih pada skalah 80, sedang thermometer Fahrenheit air membeku pada skala 32 dan mendidih pada skala 212. Hubungan antara ketiga alat ukur tersebut di atas dinyatakan dalam tabel I dibawah ini.



Gambar 7. Diagram Blok Op-Amp



Gambar 8. Bentuk Fisik Dari Op-Amp (IC741)

Op-amp yang biasa terdapat di pasaran berupa rangkaian terpadu (*integrated circuit- IC*). Aplikasi Op-amp yang paling sering dibuat antara lain adalah rangkaian *inverter*, *non-inverter*, *integrator* dan *differensiator*. Op-amp dinamakan juga dengan penguat differensial dengan impedansi *input* tinggi dan *output* impedansi rendah. Op-amp di dalamnya terdiri dari beberapa bagian, yang pertama adalah penguat differensial, lalu ada tahap penguatan (*gain*), selanjutnya ada rangkaian penggeser *level* (*level shifter*) dan kemudian penguat akhir. Gambar 7 menunjukkan diagram blok dari op-amp yang terdiri dari beberapa bagian tersebut.

Penguat Op-Amp mempunyai karakteristik ideal sebagai berikut:

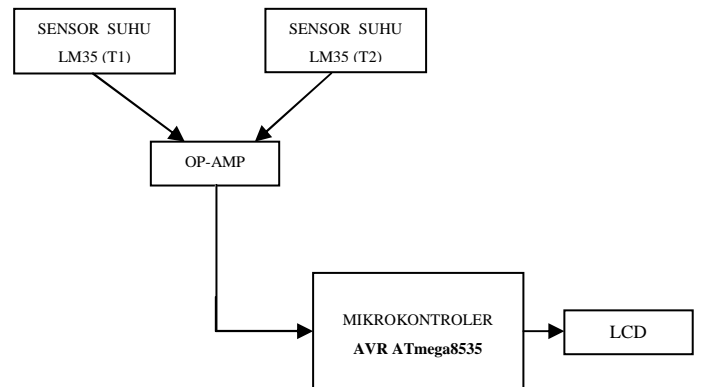
1. Resistansi masuk tak terhingga besar (*Open-Loop Voltage Gain*), akibatnya tidak ada arus masuk ke kedua terminal masuk ($A_{vol} = -\infty$).
2. Resistansi keluaran $R_o = 0$.
3. Karakteristik tidak berubah dengan perubahan suhu.
4. Penguat Op-Amp menanggapi semua frekuensi sama (lebar pita tak terhingga).
5. Tegangan *offset* keluaran (*Output offset voltage*, $V_o = 0$).

Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian terpadu (*integrated circuit*). Simbol op-amp dan bentuk fisik dari IC op-amp, ditunjukkan pada gambar 8.

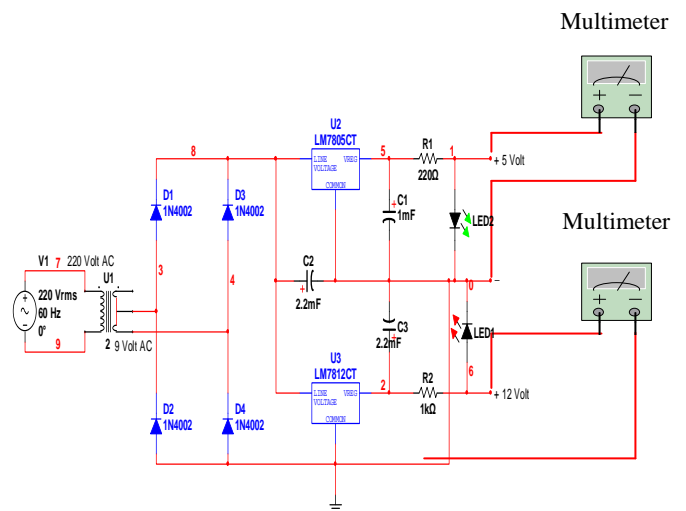
III. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Secara garis besar diagram blok sistem alat ukur temperatur untuk mengukur selisih dua keadaan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Blok Sistem



Gambar 10. Rangkaian catu daya +5V dan +12V.

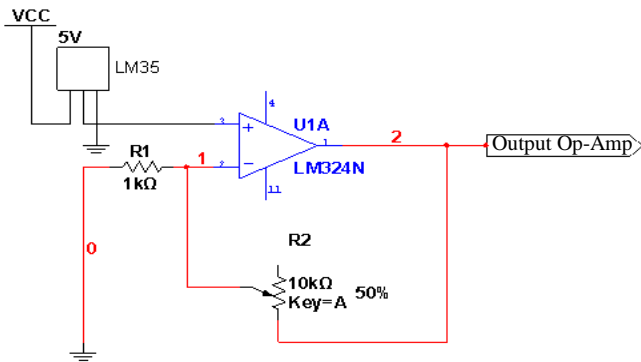
Dari gambar 9 diatas dapat dijelaskan, sensor mengubah suhu menjadi tegangan analog dengan menggunakan sensor suhu LM35. Karena tegangan keluaran sensor suhu kecil maka dilakukan proses pengkondisian sinyal dengan cara tegangan keluaran sensor dikuatkan menggunakan IC Op-Amp LM324. Agar tegangan keluaran sensor bisa diproses oleh mikrokontroler maka tegangan analog diubah menjadi data digital. Data digital yang diperoleh kemudian diolah oleh Mikrokontroler dan ditampilkan, sehingga didapatkan suatu informasi mengenai suhu plant dengan satuan °C pada sebuah LCD.

B. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

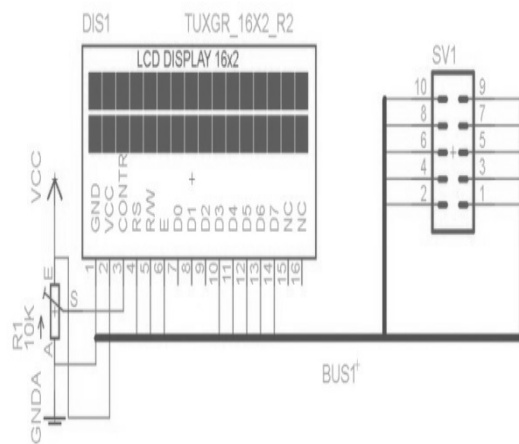
Dari diagram blok yang telah dijelaskan di atas dapat diuraikan menjadi rangkaian-rangkaian dan konfigurasi penunjang sistem sesuai dengan blok diagram. Akan dijelaskan satu per satu rangkaian penunjang sistem pada sub bab selanjutnya.

B.1. Perancangan Rangkaian Catu Daya

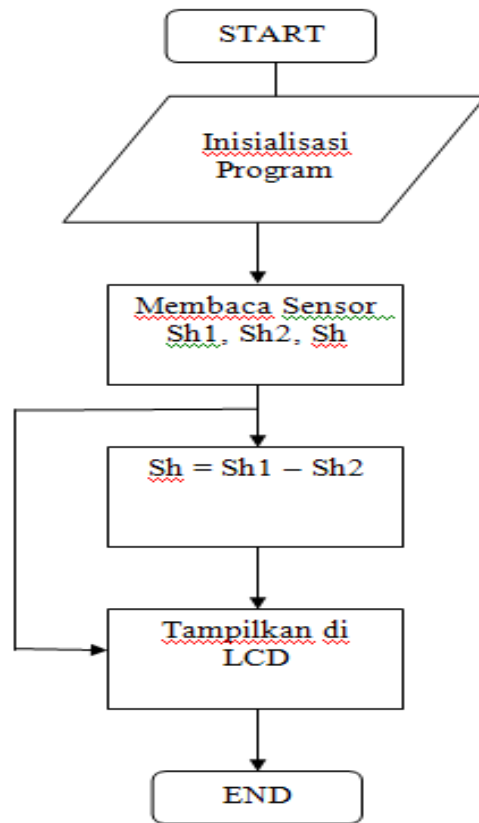
Rangkaian catu daya yang digunakan adalah rangkaian yang mencatu tegangan 5 volt DC dan 12 volt DC. Adapun rangkaian catu daya ditunjukkan pada gambar 3.2. Penyearahan tegangan AC dilakukan oleh dioda yang terdiri dari empat buah dioda IN4002 dengan sistem penyearahan penuh (*bridge*).



Gambar 11. Rangkaian penguat



Gambar 12. Rangkaian LCD ke port output



Gambar 13. Diagram alir program utama

B.2. Perancangan Rangkaian Penguat Operasional

Pada sub bab ini akan diperlihatkan gambar 11 rangkaian penguat sinyal sensor, dimana IC yang digunakan untuk penguatan ini adalah IC LM324. Penggunaan rangkaian ini digunakan untuk memperkuat sinyal output sensor suhu yang masih terlalu lemah untuk dapat dihubungkan pada rangkaian ADC-08. Oleh karena itu digunakan rangkaian penguat operasional untuk memperkuat sinyal dari sensor suhu.

Rangkaian ini dibangun menggunakan IC LM324 dengan komponen resistor 1 kΩ dan trimpot 10 kΩ. Untuk mendapatkan penguatan sebanyak 3,8 kali maka, tahanan yang diperlukan pada trimpot sebesar 2,8 KΩ. sehingga menghasilkan penguatan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Penguatan} = A_v = \frac{Z_{out}}{Z_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_f + R_i}{R_i}$$

$$A_v = \frac{2,8+1}{1} = 3.8X$$

B.3. Perancangan rangkaian LCD 16 x 2

Rangkaian LCD pada gambar 12 ini langsung tersedia pada LCD yang ada, sehingga tinggal mengabungkan kaki-kaki pada LCD ke port pada mikrocontroller. Pin Enable (E) diberi logika low mengirimkan data ke LCD, pin RS diberi logika high berarti data yang akan ditampilkan ke display adalah data text.

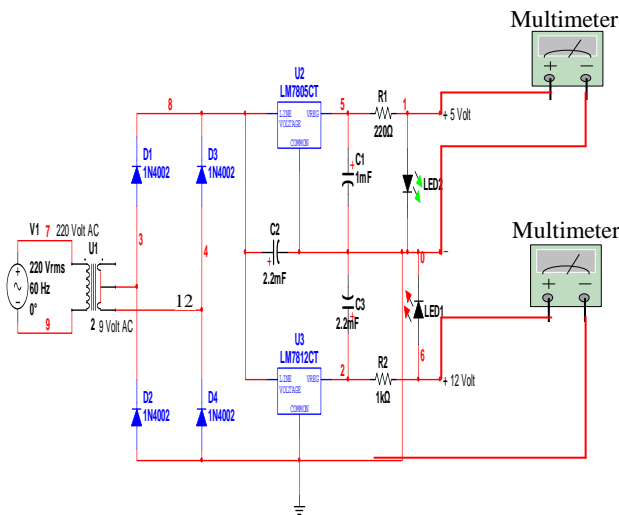
B. Perancangan Perangkat Lunak Dan Diagram Alir Sistem

Dalam perancangan perangkat lunak mempergunakan bahasa C melalui microcontroller sebagai sistem programmable. CPU, Memori, dan I/O yang dirangkai dalam satu chip merupakan parameter pendukung dalam perancangan perangkat lunak untuk menjalankan sistem. Software yang digunakan adalah Code Vision AVR untuk pembuatan program. Pembuatan program ini meliputi pembuatan flowchart, pembuatan program pada mikrocontroller dengan Code Vision AVR, dan pembuatan coding program dengan menggunakan bahasa C Perancangan program dibuat setelah flowchartnya terlebih dahulu dibuat. Diagram alir program utama ditunjukkan pada gambar 13.

IV. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tegangan Catu Daya

Pengujian tegangan pada rangkaian catu daya +5 VDC dan +12 VDC meliputi tegangan input dan tegangan output. Pengukuran dilakukan beberapa kali untuk melihat kestabilan tegangan output dari regulator. Hasil pengukuran tegangan input maupun output dari regulator LM 7805 dan regulator LM 7812 dapat dilihat pada tabel III.



Gambar 14. Pengukuran Tegangan 5 VDC dan 12 VDC.

Tabel III. Pengukuran Tegangan Regulator

V-input	V-out7805	V-out7812
6,1 Vdc	4,93 Vdc	5,70 Vdc
9,2 Vdc	4,93 Vdc	9,75 Vdc
12,2 Vdc	4,93 Vdc	11,80 Vdc
15,4 Vdc	4,93 Vdc	11,83 Vdc

Dengan menggunakan sebuah multimeter maka dapat diukur tegangan dari *output* regulator tersebut. Pengukuran dilakukan beberapa kali dengan mengubah tegangan *input* regulator dan kemudian diukur kestabilan tegangan *output*. Seperti yang terlihat pada tabel III.

Dari hasil pengukuran yang diperoleh dapat dilihat meskipun ada perubahan tegangan *input* regulator, tetapi tegangan *output* regulator 7805 masih stabil dan masih berada dalam *range* tegangan operasional yang diinginkan, yaitu 5Vdc. Sedangkan untuk tegangan *output* 7812 mengalami perubahan pada tegangan *input* 6,1 Vdc dan 9,2 Vdc karena tegangan *input* tidak mampu mencatu regulator 7812. Namun pada tegangan *input* 12,2 Vdc dan 15,4 Vdc untuk regulator 7812 berada dalam *range* tegangan operasional yang diinginkan, yaitu 12 Vdc. Jadi catu daya ini dapat digunakan.

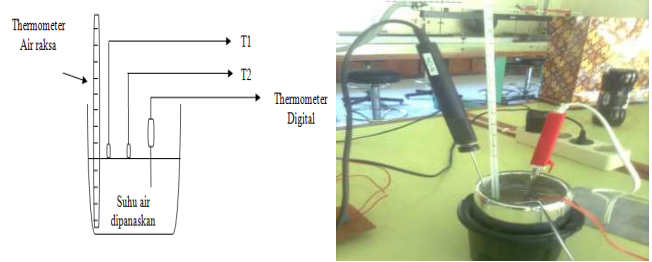
Pembahasan:

- IC regulator merupakan komponen yang dapat menstabilkan tegangan keluarannya meskipun tegangan *input* berubah-ubah. Dari data diatas dapat dilihat rangkaian regulator ini berfungsi dengan baik karena perubahan tegangan keluarannya kecil walaupun tegangan *input* berubah jauh.
- Digunakan *elco* 2200 μ F dan 1000 μ F sebagai *filter* untuk meminimalisir tegangan riak pada *output* penyearah, selain itu kegunaan kedua *elco* ini adalah sebagai rangkaian pengaman yang melindungi IC dari arus atau daya yang terlalu tinggi.

B. Pengujian Temperatur air

➤ Proses Peneraan (Tera alat)

Temperatur wadah dinaikkan pelan-pelan (divariasi). Letakkan keempat probe dalam wadah tersebut lalu catat



Gambar 15. Proses Tera Alat ukur Rancangan dengan Alat ukur Standart

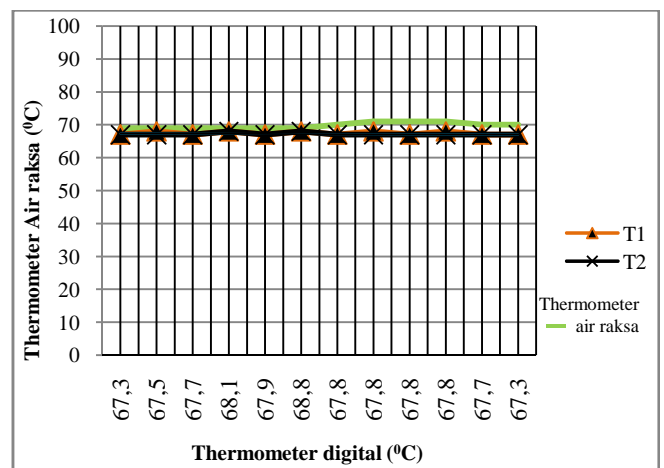
Keterangan :

T1 = Temperatur pada sensor 1 alat yang dirancang.

T2 = Temperatur pada sensor 2 alat yang dirancang.

Tabel IV. Hasil pengujian tera alat rancangan

No.	T1 ⁰ C	T2 ⁰ C	Thermometer digital (⁰ C)	Thermometer Air Raksa (⁰ C)
1.	68	67	67,3	69
2.	67	67	67,5	69
3.	68	67	67,7	69
4.	69	68	68,1	69
5.	67	67	67,9	69
6.	68	68	68,8	69
7.	68	67	67,8	70
8.	67	67	67,8	71
9.	68	67	67,8	71
10.	67	67	67,8	71
11.	68	67	67,7	70
12.	67	67	67,3	70



Gambar 16. Grafik antara T1,T2, Thermometer digital, dan Thermometer air raksa

temperatur yang di ukur keempat probe tersebut. *Menera* ialah hal menandai dengan tanda tera sah atau tanda tera batal yang berlaku, atau memberikan keterangan-keterangan tertulis yang bertanda tera sah atau tanda tera batal yang berlaku, dilakukan oleh pegawai-pegawai yang berhak melakukannya berdasarkan pengujian yang dijalankan atas alat-alat ukur, takar, timbang dan perlengkapannya yang belum dipakai

Data grafik pada gambar 16 menunjukkan kenaikan suhu pada sensor dan termometer air raksa saat suhunya

dinaikkan secara perlahan .Tingkat keakuratan pengukuran alat ukur rancangan terhadap alat ukur digital serta termometer air raksa perbedaannya berkisar antara 1⁰C sampai 2⁰C. Respon alat ukur rancangan masih lambat bila dibandingkan dengan alat ukur digital bila suhu air dipanaskan.

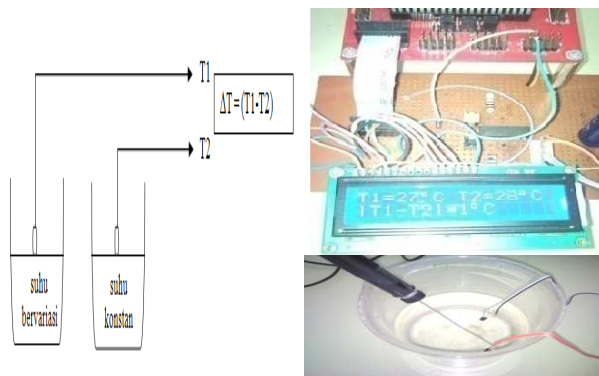
➤ Pengukuran ΔT pada alat

Pengukuran selisih (ΔT) suhu dua keadaan yang berbeda pada alat rancangan.

Keterangan :

T1 = Temperatur pada sensor 1 alat yang dirancang.

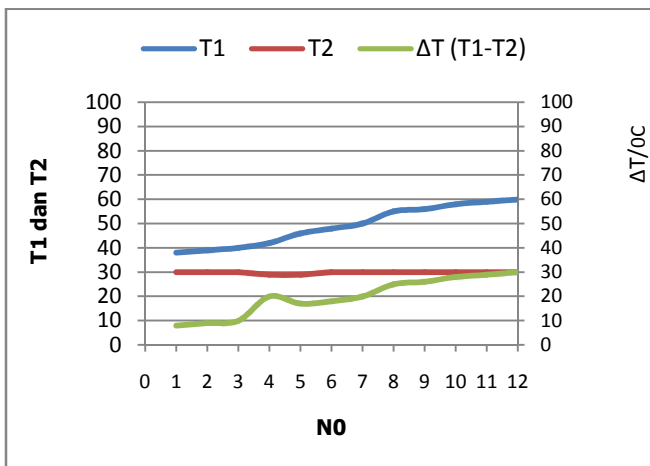
T2 = Temperatur pada sensor 2 alat yang dirancang.



Gambar 17. Pengukuran ΔT (T1-T2) pada Alat Rancangan

Tabel V. Hasil Pengujian alat untuk temperatur wadah yang berubah (sensor T₁), temperature wadah konstan (sensor T₂) dan ΔT.

No.	T1 ⁰ C	T2 ⁰ C	ΔT (T1-T2) ⁰ C
1.	38	30	8
2.	39	30	9
3.	40	30	10
4.	42	29	20
5.	46	29	17
6.	48	30	18
7.	50	30	20
8.	55	30	25
9.	56	30	26
10.	58	30	28
11.	59	30	29
12.	60	30	30

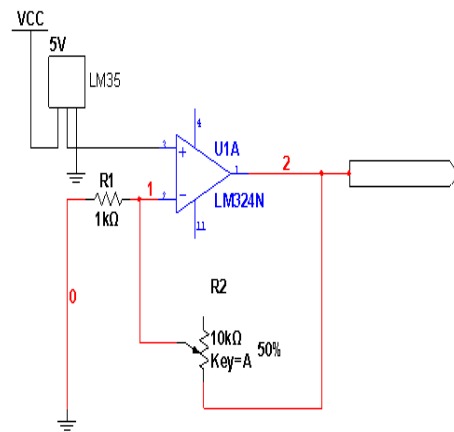


Gambar 18. Grafik antara T₁, T₂ dan ΔT

Data grafik pada gambar 18 menunjukkan kenaikan suhu pada sensor T1 dan selisih suhunya (ΔT) berbanding lurus saat suhunya dinaikkan secara perlahan. Sedangkan pada sensor T2 suhunya dibiarkan tetap/konstan. Hasil pengukuran selisih suhu alat rancangan yang dapat diukur menunjukkan kenakarikan suhu berkisar antara 1⁰C sampai 100⁰C. Nilai pengukuran alat rancangan tidak dapat menampilkan nilai minus karena program yang dirancang nilainya absolute atau selalu bernilai positif.

C. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu yang dilakukan, meliputi pengujian *output* sensor satu dan sensor dua, kemudian hasilnya dikalikan dengan penguatan op-amp dan pengujian sensor suhu pada ruangan terhadap perubahan waktu. Pengukuran suhu dilakukan dengan bantuan alat ukur *thermometer digital*. Dapat dilihat pada tabel VI dan VII pengujian dilakukan beberapa kali pada suhu yang berbeda-beda dengan penguatan operasional 3,8 kali.



Gambar 19.. Pengujian sensor Suhu

Tabel VI. Hasil pengujian sensor suhu T1

Suhu	Output sensor (Vout)	Penguatan	Output Op-Amp
30° C	0,32 Vdc	3,8 X	1,22 Vdc
33° C	0,35 Vdc	3,8 X	1,34 Vdc
34° C	0,36 Vdc	3,8 X	1,37 Vdc
36° C	0,39 Vdc	3,8 X	1,46 Vdc
38° C	0,41 Vdc	3,8 X	1,52 Vdc

Tabel VII. Hasil pengujian sensor suhu T2

Suhu	Output sensor (Vout)	Penguatan	Output Op-Amp
30° C	0,32 Vdc	3,8 X	1,22 Vdc
33° C	0,35 Vdc	3,8 X	1,34 Vdc
34° C	0,36 Vdc	3,8 X	1,37 Vdc
36° C	0,39 Vdc	3,8 X	1,46 Vdc
38° C	0,41 Vdc	3,8 X	1,52 Vdc

Tabel data pengujian sensor pada tabel VI dan VII diperoleh dari hasil pengukuran tegangan *output* sensor LM 35 dan tegangan setelah penguatan. Hasil pengujian sensor satu dan sensor dua memiliki hasil yang sama.

D. Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan untuk melihat apakah tampilan LCD sudah sesuai dengan penulisan karakter yang telah dibuat pada sub rutin mikrokontroler. Hasil dari pengujian LCD ini terlihat pada tampilan LCD berupa tampilan suhu dua buah sensor dan selisih pengukuran dari kedua sensor suhu tersebut, seperti pada gambar 20.

E. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dirancang bekerja dengan baik dan tidak mengalami *error*. Dalam pengujian keseluruhan sistem ini menggunakan termometer digital sebagai perbandingan terhadap alat ukur yang dibuat untuk mengetahui seberapa besar keakuratan dari alat yang dirancang. Berikut adalah gambar dari pengujian keseluruhan sistem.

Pada gambar 21 sensor suhu LM35 dan termometer digital keduanya dicelupkan kedalam air untuk melihat ke akuratan dari sistem ini. Hasil pengukuran yang ditampilkan pada termometer digital sebesar $26,4^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada alat ukur yang dibuat hasil yang ditampilkan pada LCD sebesar 26°C . Perbedaan dari kedua alat ukur ini sebesar $0,04^{\circ}\text{C}$. pada alat ukur ini juga ditampilkan selisih hasil pengukuran dari dua sensor LM35, hasilnya dapat dilihat pada LCD sebesar 0°C .



Gambar 20. Tampilan LCD



Gambar 21. Perbandingan LM35 dan termometer digital

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Bab kelima ini merupakan akhir dari penulisan tugas akhir beberapa hal penting dapat dijadikan kesimpulan dari tugas akhir ini adalah:

- Sensor LM35 belum mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi kenaikan suhu air.
- Pada pengujian sensor suhu, besaran kenaikan tegangan *output* sensor adalah sebesar $0,01$ Volt.
- Persentase kesalahan pengukuran pada *output* op-amp berkisar antara $0,73\%$ - $1,93\%$

B. SARAN

- Sebaiknya ada pengembangan lebih lanjut dari alat ukur yang telah penulis buat. Sehingga alat ukur ini bisa lebih akurat, misalnya tentang perbandingan antara alat ukur yang dibuat dengan alat ukur yang dijual dipasaran. Karena penulis melakukan perbandingan dengan menggunakan alat ukur thermometer leibolt (*digitales temperature*) dan thermometer air raksa.
- Penulis sangat mengharapkan ada pengembangan lebih lanjut tentang penggunaan alat ukur ini misalnya memonitoring suhu suatu plant dari jarak jauh menggunakan jaringan *internet* atau *handphone*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N.A. Agung, "Mekatronika", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
- [2] A. Winoto, "Mikrokontroler AVR ATmega8/16/8535", Bandung : Informatika Bandung, 2010.
- [3] B.Astuti, "Pengantar Teknik Elektro", Graha Ilmu, Yogyakarta. 2011.
- [4] Clayton, George. and Steve Winder, "Operational Amplifiers", Edisi ke 5. Jakarta, Erlangga. 2005.
- [5] Ibrahim, K.F, "Teknik Digital", Yogyakarta : Penerbit Andi. 1996.
- [6] Malvino, "Prinsip – Prinsip Elektronika Edisi ke 2", Jakarta : Erlangga, 1992.
- [7] I.Setiawan, "Buku Ajar: Sensor dan Transduser". Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2009.
- [8] Sudjadi, "Teori dan Aplikasi Mikrokontroler", Yogyakarta : Penerbit Gava Media, 2005.
- [9] L.Wardhana, "Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR seri Atmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi", Andi, Yogyakarta, 2006.
- [10] Habil. Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor PIR. "Skripsi". Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2012.