

PENGATURAN SUHU DALAM RUANGAN SECARA DIGITAL

SAKTI NUR HUDA

ABSTRACT

Digital system used in equipments electronica, inclusive of among other things used as a means of controller or arrangement. In this case to fulfill requirement of temperature condition of the desired, human being a lot of designing a appliance which can be used to arrange temperature. For that this final project take problems how planning and make a appliance of temperature arrangement with digital system.

instrument Used in this research consisted by network of temperature changer to tension (tranduser), analogous network of digital to converter (A/D Converter), BCD seven Segment, and the appearance, network of controller and appliance of temperature changer and also power supply as generating tension for each of the network.

Principle work this appliance is tranduser used in this network will yield tension, what resulted from a accepted by temperature change of the tranduser. output tension Yielded from tranduser exploited as input of analogous changer network to digital, then the yielded output, in the form of digital code by network of decoder BCD to seven segment, presented a displayed (seven segment). Tension Output from tranduser exploited as input tension for the controller network.

Key word : tranduser, ADC (analog to digital converter), BCD (binary code decimal), seven segment

1.1 Latar Belakang

Pengaturan suhu banyak dibutuhkan diberbagai bidang kehidupan manusia. Di rumah sakit misalnya, terdapat suatu ruangan dengan suhu tertentu untuk penyimpanan obat-obatan. Di bidang peternakan unggas untuk proses penetasan telur membutuhkan ruangan penetasan dengan kondisi suhu tertentu. Dalam hal ini dibutuhkan pengaturan suhu yang sesuai dengan kondisi suhu yang diinginkan.

Sistem digital yang digunakan dalam peralatan elektronika dapat berupa pengontrolan atau pengaturan. Kaitanya dengan pengaturan, dalam hal ini untuk memenuhi kebutuhan akan kondisi suhu yang diinginkan. Manusia banyak merancang suatu alat yang dapat digunakan untuk mengatur suhu tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dirancang suatu alat untuk pengaturan suhu ruangan secara digital, yang dituangkan dalam sebuah skripsi dengan judul "Pengaturan Suhu Dalam Ruangan Secara Digital".

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas penulis dapat merumuskan suatu permasalahan, yaitu.

- Bagaimana merencanakan dan membuat suatu alat pengatur suhu dengan sistem digital.
- Bagaimana perbandingan antara temperatur alat yang dibuat dengan penera.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil optimal, dalam skripsi ini akan dibatasi masalah yang akan diteliti yaitu.

- Penelitian ini hanya untuk menguji fungsi alat percobaan dalam pengaturan kenaikan dan penurunan suhu dengan sistem digital.
- Level pengaturan suhu yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada level 25° - 40°C.
- Pengubah suhu pemanas yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah *filamen* pada solder.
- Pengubah suhu pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah kipas angin 12 Volt.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian yang dilakukan dalam rangka penulisan skripsi ini pada dasarnya bertujuan. Untuk membuat alat yang dapat mengatur dan menjaga kestabilan suhu suatu ruangan dengan sistem digital.

1.5 Penegasan Istilah

Penegasan istilah bertujuan untuk menghindari adanya kesalahan penafsiran judul dalam skripsi ini. Beberapa istilah dalam judul yang perlu ditegaskan adalah sebagai berikut.

a. Pengaturan Suhu

Pengaturan adalah cara (perbuatan) mengatur. (Depdikbud 1984: 64). Sehingga pengaturan suhu dapat diartikan perbuatan yang mengatur suhu, sesuai dengan yang diinginkan.

b. Sistem Digital

Sistem digital adalah sekelompok bagian-bagian (alat elektronika) yang berfungsi untuk menghubungkan antara bagian dari suatu fungsi tertentu untuk menghasilkan suatu fungsi-fungsi berupa digit-digit atau angka-angka, misalnya: bilangan integer (0, 1, 2, 3 dan seterusnya) (sumber: F Suyanto, 1985: 39).

Pengaturan suhu dalam ruangan secara digital berarti suatu cara untuk membuat sistem yang dapat mengubah keadaan suhu semula, menjadi keadaan suhu baru yang diinginkan secara digital.

LANDASAN TEORI

2.1 Transduser

Transduser merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah suatu besaran fisis menjadi besaran fisis lain, yang umumnya adalah besaran fisis tersebut menjadi besaran elektrik, misalnya: tekanan, temperatur, aliran, posisi dan lain-lain. (Sumber: S. Pakpahan, 1988)

Dengan demikian transduser suhu adalah piranti yang berfungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi tegangan elektrik. Tegangan keluaran transduser berupa tegangan analog. Transduser harus mempunyai kesetimbangan termal dengan benda pada saat pengukuran dilakukan. (Sumber: Malcom Plant 1985)

2.2 Transduser Aktif

Transduser ini tidak memerlukan catu eksternal. Transduser ini dapat menghasilkan energi listrik. Di dunia industri terdapat berbagai jenis transduser, salah satu jenis transduser yang digunakan adalah transduser temperatur. Transduser temperatur ini banyak digunakan dalam industri, karena temperatur merupakan salah satu besaran penting dalam dunia industri, maka banyak proses industri yang memerlukan proses kendali. Berikut ini prinsip kerja dan penerapan transduser aktif berdasarkan jenis-jenisnya.

Tabel 2.1 Transduser Aktif Berdasarkan Jenisnya Beserta Prinsip Kerja dan Penerapannya.

| Jenis transduser | Prinsip Kerja | Jenis Penerapan |
|--|---|---|
| <i>Thermokopel</i> dan <i>Thermopile</i> | Energi listrik muncul bila sambungan dua jenis semikonduktor logam yang berbeda dikenai panas | Sensor suhu, pancaran panas |
| <i>Cell Photovoltaic</i> | Energi listrik atau tegangan muncul bila sebuah hubungan semikonduktor mendapat pancaran sinar. | Sensor cahaya, pembangkit tegangan energi sinar (solar cell). |

2.1.1 Transduser Pasif

Transduser jenis ini tidak dapat menghasilkan tegangan sendiri, tetapi dapat menghasilkan perubahan nilai resistansi, kapasitas, atau induktansi apabila mengalami perubahan kondisi sekitar.

Jika transduser ini mengalami perubahan kondisi pada lingkungan sekitar, maka kelistrikannya (resistansi, kapasitansi, atau induktansi) akan berubah. Perubahan ini selanjutnya menyebabkan perubahan besar tegangan atau kuat arus yang dihasilkan transduser. Perubahan nilai kelistrikan ini dapat bernilai positif (bertambah), atau bernilai negatif (berkurang). Perubahan nilai kelistrikan ini mengakibatkan perubahan tegangan yang dihasilkan. Perubahan tegangan dimanfaatkan untuk mengetahui keadaan yang akan diukur.

Jenis transduser pasif yang dapat diperoleh dari pasaran, yaitu transduser resistif, transduser kapasitif dan induksi serta transduser photo.

2.3 ADC (Analog to Digital Converter)

Bentuk sinyal yang dimiliki dalam suatu pengendali belum tentu dapat diolah secara langsung untuk keperluan suatu proses pengendalian. Oleh karena itu diperlukan adanya

proses pengubahan bentuk sinyal agar sesuai dengan kebutuhan. Proses pengubahan sinyal ini dinamakan konversi sinyal. Alat konversinya dikenal dengan nama *converter* sinyal.

Dalam proses ini input V_a akan diubah menjadi informasi biner yang terdiri dari beberapa bit. Sinyal yang dihasilkan bisa dalam bentuk 4 bit, 8 bit, 16 bit atau 32 bit.

Jenis pengubah analog ke digital (A/D) yang digunakan adalah IC CA3162E. IC ini merupakan jenis pengubah A/D jenis monolitik. Keluaran dari IC ini dalam bentuk tiga digit, dengan masukan maksimal pada pin 10 dan 11 sebesar $\pm 15V$. Catu daya berupa tegangan DC pada pin 7 dan 14 sebesar $\pm 7V$

2.4 Decoder BCD to Seven Segment

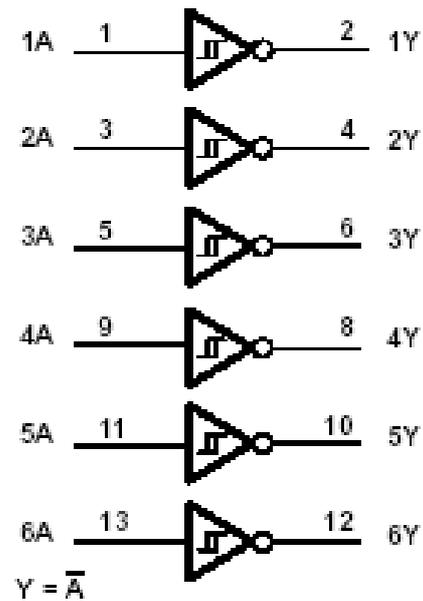
Decoder jenis ini dapat digunakan untuk mengubah bilangan biner dalam sandi BCD 8421 ke dalam bilangan desimal yang akan ditampilkan oleh sebuah penampil tujuh segmen (*seven segment display*).

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 decoder BCD to seven segment mempunyai empat masukan DCBA dan ketujuh keluaran yang diberi tanda dengan huruf a, b, c, d, e, f, dan g. Keempat masukan DCBA mendapat signal yang berasal dari pencacah, sedangkan ketujuh keluarannya dihubungkan dengan *display* melalui tahanan.

Komponen yang digunakan sebagai decoder BCD to seven segment. Dalam penelitian ini adalah IC CA3161E.

2.5 Schmit Trigger Inverter

Merupakan sirkuit yang fungsinya menggunakan karakteristik *inverter* dengan menggunakan stimulan pulsa, sirkuit ini akan memberikan keluaran yang berbeda dengan kata lain apabila masukan menerima pulsa tingkat tinggi maka keluaran akan menjadi rendah dan sebaliknya. Gambar 2.1 berikut adalah gambar diagram logika.



Gambar 2.1 Diagram Logika

2.6 Displai

Kebanyakan tampilan angka menggunakan konfigurasi sebuah *seven segment* untuk membentuk karakter desimal dari 0 sampai 9, dan karakter heksadesimal A sampai F. Setiap *segment* terbuat dari bahan yang mengeluarkan cahaya ketika dilewati arus listrik. Segmen-segmen yang banyak dipakai menggunakan prinsip lampu LED.

Terdapat dua macam *seven segment display*, yaitu *common anoda* dan *common catoda*. Pada *common anoda* kaki anoda dari ketujuh LED dijadikan satu dan V_{cc} pada *common catoda* kaki katoda ketujuh LED dihubungkan menjadi satu kebumi atau *ground*.

2.7 Penguat Operasional (Operational Amplifier)

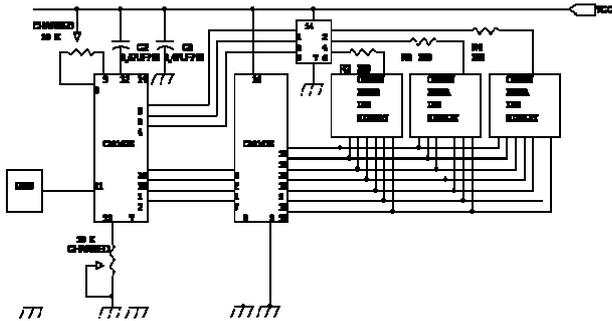
Pada dasarnya Op-Amp mempunyai penguatan tegangan dan impedansi masukan yang sangat tinggi dan impedansi keluaran yang rendah (lebih kecil dari 100Ω) dan tergantung pada beban.

2.8 Regulator 78xx

Seri 78xx regulator tegangan dengan tiga terminal, dapat menghasilkan berbagai tegangan tetap. Dengan demikian dapat digunakan dalam jelajahan penerapan yang lebar. Salah satu penerapannya adalah peregulasian lokal tanpa terlibat dalam persoalan yang menyangkut peregulasian tunggal. Disini digunakan LM 7805

3.2.1.2 Rangkaian Analog to Digital Converter dengan Decoder dan Tampilan

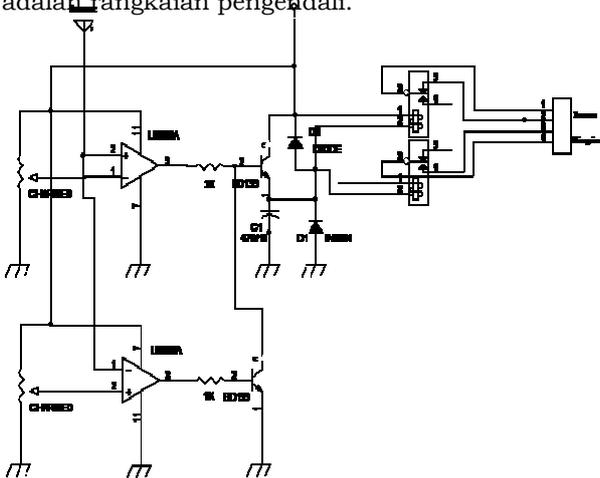
Rangkaian pengubah analog ke digital yang digunakan adalah IC CA3162E. Karena IC ini mempunyai *internal timing*. Sebagai *decoder* dari keluaran sinyal IC pengubah analog ke digital digunakan IC CA3161E. IC ini akan menampilkan dalam 3 digit melalui *seven segment*. Gambar 3.2 berikut adalah Rangkaian *analog to digital converter* dengan *decoder* dan tampilan.



Gambar 3.2 Rangkaian Analog to Digital Converter Dengan Decoder dan Tampilan

3.2.1.3 Rangkaian Pengendali

Rangkaian pengendali yang digunakan disini terdiri dari sebuah trimpot sebagai komparator dan penguat (Op-Amp) yang digunakan sebagai sistem pensaklaran dalam mengoperasikan alat pengubah suhu. Selain itu juga terdapat *driver* relai untuk menghidupkan dan mematikan pemanas. Gambar 3.3 berikut adalah rangkaian pengendali.

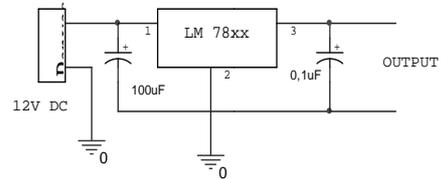


Gambar 3.3 Rangkaian Pengendali

3.2.1.4 Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya ini digunakan untuk mensuplai tegangan yang dibutuhkan oleh masing-masing rangkaian yang digunakan dalam pembuatan alat ini. Komponen yang digunakan

dalam catu daya adalah transformator, dioda, kondensator elektrolit, transistor dan IC regulator. Nilai-nilai dari komponen tersebut disesuaikan dengan kebutuhan tegangan yang akan digunakan. Gambar 3.4 berikut adalah Rangkaian catu daya.



Gambar 3.4 Rangkaian Catu Daya

3.2.2 Persiapan alat dan bahan

Dalam perancangan alat pengatur suhu dengan sistem digital memerlukan beberapa peralatan dan bahan. Peralatan yang digunakan untuk pengukuran maupun untuk membantu proses pembuatan alat terdaftar dalam Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Daftar Alat

| No | Nama Alat | Spesifikasi Alat | Kegunaan |
|----|----------------------|---|---|
| 1 | Multimeter | Digital Merk: HELES Tipe: UX37 TR Analog Merk: SANWA Tipe YX-360 TRD | Di gunakan untuk mengukur tegangan dan arus |
| 2 | Termometer Digital | Digital Merk: LUTRON Tipe: HT -3003 | Di gunakan untuk kalibrasi dan mengukur suhu pada saat pengujian alat |
| 3 | Tool Set | Solder, obeng, tinol, tang, pemanas lem | Di gunakan pada saat perakitan komponen |
| 4 | Tool Set Pertukangan | Kater, lem, gergaji, pasah | Pembuatan box |
| 5 | Solder | Merk : winner Tipe : HST 008 220V-30W | Di gunakan sebagai alat pemanas suhu |
| 6 | Kipas | 12 V DC | Di gunakan sebagai alat pendingin suhu |

Tabel 3.2 Daftar Komponen

| No | Nama Bahan | Tipe / Ukuran | Jumlah |
|----|-------------------|-----------------------|--------|
| 1 | CCB | Single layer 3 x 8 cm | 2 buah |
| 2 | FeCl ₃ | Fericlorit | 1 ons |
| 3 | IC | LM35 | 1 buah |
| 4 | IC | 74ls14 | 1 buah |
| 5 | IC | CA3161E | 1 buah |
| 6 | IC | CA3162E | 1 buah |
| 7 | IC | LM 7805 | 1 buah |
| 8 | IC | LM 358 | 1 buah |
| 9 | Variabel Resistor | Arang 10 KΩ | 4 buah |
| 10 | Kapasitor | 0,47μf /16 V | 3 buah |
| 11 | Resistor | 330 Ω/0,5 W | 6 buah |
| 12 | Transistor NPN | BD139 | 2 buah |
| 13 | Dioda | 1N 4001 | 4 buah |
| 14 | LED | 3 volt / 0,5 A | 2 buah |
| 15 | Seven segment | Common anoda | 3 buah |
| 16 | Saklar | Togel | 1 buah |
| 17 | Relai | 12V / 3A | 1 buah |

3.2.3 Pembuatan Alat

Cara pembuatan pengaturan suhu dengan sistem digital pada penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Pembuatan PCB

Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam pembuatan PCB adalah sebagai berikut:

1. Membuat *Lay Out*, yaitu tata letak komponen elektronika yang nantinya akan dipasang pada PCB yang berpedoman pada titik-titik hubungan antar kaki komponen sesuai dengan gambar rangkaian.
2. Memotong CCB (*Copper Clad Board*) sesuai dengan ukuran yang diperlukan.
3. Menggambar rangkaian dengan spidol yang tahan asam atau dapat juga menggunakan rugos pada bagian yang dilapisi tembaga, garis harus cukup tebal agar tidak mengelupas pada waktu pelarutan.

4. Setelah gambar cukup kering (apabila menggunakan spidol), masukan CCB tersebut ke dalam larutan *fericlorida* (FeCl₃) sehingga permukaan tembaga yang tidak tertutup gambar akan larut habis.
5. Mencuci CCB yang sudah dilarutkan dengan bensin atau tiner sehingga tampak kembali garis-garis tembaga yang sesuai dengan gambar rangkaian yang disebut dengan PCB (*Printed Circuit Board*).
6. Pengeboran pada titik-titik letak kaki komponen dengan menggunakan mata bor sesuai dengan ukuran kaki komponen yang akan dipasang.
7. Melapisi PCB yang sudah bersih dengan *Lotfett* untuk mempermudah proses penyolderan dan menahan karat,

b. Perakitan

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam melakukan perakitan adalah pada saat menyolder jangan sampai sembarangan dalam penyolderan. Sebab bila kurang memperhatikan perihal tersebut boleh jadi komponen yang hendak dipasang sudah lebih dahulu rusak sebelum dipakai.

3.3 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan cara membandingkan secara langsung alat yang dibuat dengan instrumen ukur penera yang sudah ada. Dalam pengambilan data ini disajikan beberapa tabel perbandingan, yaitu membandingkan antara suhu penera dengan suhu perangkat yang di buat .

3.4 Analisis Data

Hasil yang diperoleh dari pengujian kepekaan sensor dan pengujian penguatan Op Amp dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut diperjelas dengan perhitungan analisis regresi linier.

$$Y = \text{Sensor Temperatur} \quad X = 10^{\circ}C$$

Dengan : 10 mV/ °C = Tegangan Output IC LM 35

$$Y = \text{Tegangan analog output LM35}$$

$$X = \text{Temperatur IC LM35}$$

2) *Standart error*

Besarnya prosentase *standart error* dapat dicari dengan persamaan:

$$\text{Standart Error} = \frac{\sqrt{\sum(Y_{nyata} - Y)^2}}{n - 2}$$

Dengan : *Ynyata* = Temperatur alat yang dibuat

$$Y \text{ tak nyata} = a + bX$$

$\sum n$ =Banyaknya pengujian yang dilakukan

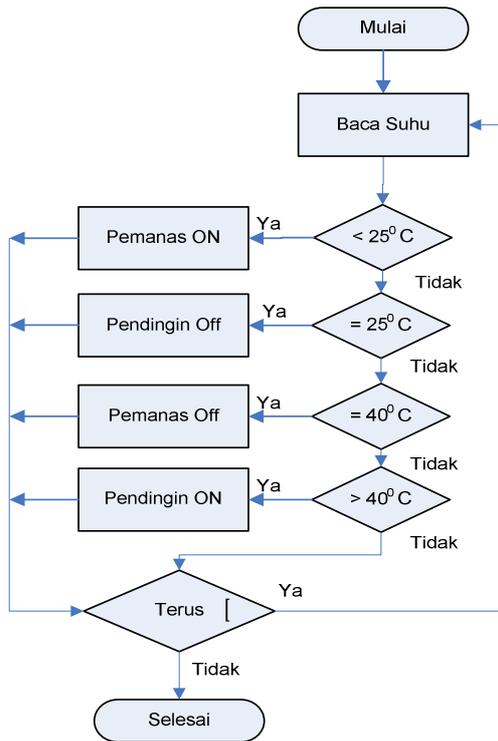
2 = Jumlah Variabel

3) *Prosentase* kesalahan

Besarnya prosentase kesalahan dapat dicari dengan persamaan : $\frac{\sum X - \sum Y}{\sum Y} \times 100\%$
 % Kesalahan = $\frac{\sum X - \sum Y}{\sum Y} \times 100\%$

Dengan: $\sum X$ = Jumlah hasil alat yang dibuat

$\sum Y$ = Jumlah hasil temperatur penera



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengaturan Suhu Dalam Ruangan Secara Digital

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh melalui pengujian rangkaian. Pengujian rangkaian dilakukan dengan mengamati gejala yang terjadi dan sekaligus melakukan pengukuran guna membuktikan bahwa rangkaian uji hasil eksperimen dapat bekerja dengan baik. Pengujian dengan pengukuran disini adalah pengukuran besaran listrik, seperti tegangan dan arus listrik. Untuk mendapatkan data yang akan dianalisis lebih lanjut, maka dilakukan pengukuran pada rangkaian uji dan selanjutnya menggunakan analisis regresi linier.

4.1.1 Pengukuran

Dalam penelitian yang disajikan berdasarkan pada hasil pengujian perangkat masing-masing blok rangkaian. Adapun

penelitiannya dilakukan satu kali dalam keadaan yang berbeda-beda. Hasil yang disajikan merupakan data rata-rata hasil penelitian.

a. Tegangan Rangkaian Kendali

Pada rangkaian kendali, masing-masing level pengaturan memiliki tegangan pengaturan yang berbeda-beda, sesuai dengan besar kecilnya level pengaturan yang digunakan.

Hasil pengukuran tegangan kendali dari masing-masing level dapat disusun menjadi Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Transduser Pada Rangkaian Kendali

| No | Suhu Pada Termometer Penera (°C) | Tegangan Keluaran LM35 (mV) |
|----|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 25,2 | 0,255 |
| 2 | 26,4 | 0,271 |
| 3 | 27,3 | 0,279 |
| 4 | 28,1 | 0,284 |
| 5 | 29,9 | 0,301 |
| 6 | 30,5 | 0,299 |
| 7 | 31,5 | 0,318 |
| 8 | 32,4 | 0,337 |
| 9 | 33,9 | 0,341 |
| 10 | 34,1 | 0,343 |
| 11 | 35,6 | 0,361 |
| 12 | 36,7 | 0,369 |
| 13 | 37,8 | 0,379 |
| 14 | 38,2 | 0,389 |
| 15 | 39,5 | 0,391 |
| 16 | 40,3 | 0,407 |

b. Tegangan Catu Daya

Tegangan catu daya terukur sebesar 5 volt untuk mencatu kerja IC CA3161E dan IC CA3162E, dan 12,2 Volt yang digunakan untuk mencatu relai.

4.1.2 Analisis Uji Data Temperatur

Dalam pengujian data penelitian yaitu temperatur pada alat yang di bandingkan dengan temperatur penera menggunakan regresi linier.

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Suhu Penera dengan Suhu Alat yang Dibuat

| No | Suhu pada termometer yang dibuat (°C) | Suhu pada termometer penera (°C) |
|----|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 25,7 | 25,2 |
| 2 | 26,8 | 26,4 |
| 3 | 27,9 | 27,3 |
| 4 | 28,4 | 28,1 |
| 5 | 29,7 | 29,9 |
| 6 | 30,8 | 30,5 |
| 7 | 31,6 | 31,5 |
| 8 | 32,1 | 32,4 |
| 9 | 33,5 | 33,9 |

| | | |
|----|------|------|
| 10 | 34,3 | 34,1 |
| 11 | 35,9 | 35,6 |
| 12 | 36,3 | 36,7 |
| 13 | 37,9 | 37,8 |
| 14 | 38,5 | 38,2 |
| 15 | 39,9 | 39,5 |
| 16 | 40,8 | 40,3 |

Tabel 4.3 merupakan tabel hasil pengujian yang dilakukan. Pada tabel tersebut dapat digunakan sebagai dasar menentukan nilai konstanta a dan nilai konstanta b pada persamaan regresi linier $Y = a + bX$

Tabel 4.3 Beberapa Variabel X dan Variabel Y yang Digunakan untuk Mencari Nilai Konstanta a dan b

| No | X | Y | X ² | Y ² | XY |
|----------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 25,7 | 25,2 | 660,49 | 635,04 | 647,64 |
| 2 | 26,8 | 26,4 | 718,24 | 696,96 | 707,52 |
| 3 | 27,9 | 27,3 | 778,41 | 745,29 | 761,67 |
| 4 | 28,4 | 28,1 | 806,56 | 789,61 | 798,04 |
| 5 | 29,7 | 29,9 | 882,09 | 894,01 | 888,03 |
| 6 | 30,8 | 30,5 | 948,64 | 930,25 | 939,4 |
| 7 | 31,6 | 31,5 | 998,56 | 992,25 | 995,4 |
| 8 | 32,1 | 32,4 | 1030,41 | 1049,76 | 1040,04 |
| 9 | 33,5 | 33,9 | 1122,25 | 1149,21 | 1135,65 |
| 10 | 34,3 | 34,1 | 1176,49 | 1162,81 | 1169,63 |
| 11 | 35,9 | 35,6 | 1288,81 | 1267,36 | 1278,04 |
| 12 | 36,3 | 36,7 | 1317,69 | 1346,89 | 1332,21 |
| 13 | 37,9 | 37,8 | 1436,41 | 1428,84 | 1432,62 |
| 14 | 38,5 | 38,2 | 1482,25 | 1459,24 | 1470,7 |
| 15 | 39,9 | 39,5 | 1592,01 | 1560,25 | 1576,05 |
| 16 | 40,8 | 40,3 | 1664,64 | 1624,09 | 1644,24 |
| Σ | 530,1 | 527,4 | 17903,95 | 17731,86 | 17816,88 |

Dengan :

X = temperatur alat yang dibuat.

Y = temperatur penera.

Dari Tabel 4.3 dapat dicari nilai uji regresi linier $Y = a + bX$. Faktor a dan b adalah konstanta. Perhitungan nilai uji regresi linier dapat dinyatakan sebagai berikut.

Nilai konstanta a dan b :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(527,4)(17903,95) - (530,1)(17816,88)}{(16)(17903,95) - (530,1)^2} \\
 &= \frac{9442543,23 - 9444728,088}{286463,2 - 281006,01} \\
 &= \frac{-2184,858}{5457,19} \\
 &= -0,4004 \\
 b &= \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(16)(17816,88) - (530,1)(527,4)}{(16)(17903,95) - (530,1)^2} \\
 &= \frac{285070,08 - 279574,74}{286463,2 - 281006,01} \\
 &= \frac{5495,34}{5457,19} \\
 &= 1,0069
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai uji regresi $Y = a + bX$ dapat dinyatakan bahwa nilai konstanta a sebesar -0,4004 dan b sebesar 1,0069. Dari nilai konstanta tersebut dapat dicari besar Y. Dengan mengacu rumus nilai uji regresi dan syarat adanya nilai konstanta a dan b, didapat data seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan

| No | Y (°C) | No | Y (°C) |
|----|----------|----|----------|
| 1 | 25,47693 | 9 | 33,33075 |
| 2 | 26,58452 | 10 | 34,13627 |
| 3 | 27,69211 | 11 | 35,74731 |
| 4 | 28,19556 | 12 | 36,15007 |
| 5 | 19,50453 | 13 | 37,76111 |
| 6 | 30,61212 | 14 | 38,36525 |
| 7 | 31,41764 | 15 | 39,77491 |
| 8 | 31,92109 | 16 | 40,68112 |

Dapat diketahui nilai dari perhitungan secara manual melalui pemasukan data pada rumus yang ada maka diperoleh nilai yang signifikan. Hasil penunjukkan temperatur dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Tabel Penunjukan Temperatur Untuk a = -0,4004 dan b = 1,0069

| No | Thermometer yang dibuat (x) (°C) | Thermometer Penerima (y) (°C) | Y _{nyata} | Y _{tak nyata} | Y _{nyata-Y} | (Y _{nyata-Y}) ² |
|----|----------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 1 | 25,7 | 25,2 | 25,20 | 25,47693 | 0,27693 | 0,076690225 |
| 2 | 26,8 | 26,4 | 26,40 | 26,58452 | 0,18452 | 0,03404763 |
| 3 | 27,9 | 27,3 | 27,30 | 27,69211 | 0,39211 | 0,153750252 |
| 4 | 28,4 | 28,1 | 28,10 | 28,19556 | 0,09556 | 0,009131714 |
| 5 | 29,7 | 29,9 | 29,90 | 29,50453 | 0,39547 | 0,156396521 |
| 6 | 30,8 | 30,5 | 30,50 | 30,61212 | 0,11212 | 0,012570894 |
| 7 | 31,6 | 31,5 | 31,50 | 31,41764 | 0,08236 | 0,00678317 |
| 8 | 32,1 | 32,4 | 32,40 | 31,92109 | 0,47891 | 0,229354788 |
| 9 | 33,5 | 33,9 | 33,90 | 33,33075 | 0,56925 | 0,324045562 |
| 10 | 34,3 | 34,1 | 34,10 | 34,13627 | 0,03627 | 0,001315513 |
| 11 | 35,9 | 35,6 | 35,60 | 35,74731 | 0,14731 | 0,021700236 |
| 12 | 36,3 | 36,7 | 36,70 | 36,15007 | 0,54993 | 0,302423005 |
| 13 | 37,9 | 37,8 | 37,80 | 37,76111 | 0,03889 | 0,001512432 |
| 14 | 38,5 | 38,2 | 38,20 | 38,36525 | 0,16525 | 0,027307562 |
| 15 | 39,9 | 39,5 | 39,50 | 39,77491 | 0,27491 | 0,075575508 |

| | | | | | | |
|----|------------|------------|--------|----------|---------|-------------|
| | | | | | 91 | |
| 16 | | | | | - | |
| | 40,8 | 40,3 | 40,30 | 40,68112 | 0,381 | 0,145252454 |
| Σ | Σ X= 530,1 | Σ Y= 527,4 | 527,40 | 527,3513 | 0,04871 | 1,577857467 |

Data presentase *standar error* digunakan untuk menunjukan hasil pengukuran pada alat yang dibuat dari prosentase kesalahan tiap-tiap pengukuran dengan pembandingan alat suhu penerima. Berdasarkan rumus 3.2 penghitungan nilai *standart error* dinyatakan sebagai berikut.

$$= \sqrt{\frac{1,577857467}{16-2}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,577857467}{14}}$$

$$= \sqrt{0,113}$$

$$= 0,336^{\circ}\text{C}$$

Dari perhitungan nilai *standart error* dapat dinyatakan bahwa nilai *standart error* sebesar 0,336°C.

Data prosentase kesalahan digunakan untuk menunjukan hasil pengukuran pada output alat yang dibuat dengan tiap-tiap pengukuran dengan pembandingan alat suhu penerima untuk total penghitungan prosentase *standart error*.

Berdasarkan rumus 3.3 penghitungan nilai prosentase kesalahan dinyatakan sebagai berikut.

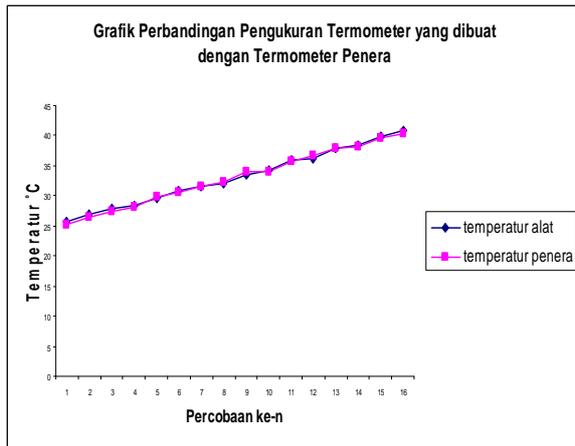
$$= \frac{530,1 - 527,4}{527,4} \times 100\%$$

$$= \frac{2,7}{527,4} \times 100\%$$

$$= 0,00511 \times 100\%$$

$$= 0,511 \%$$

Hasil pengujian mempunyai nilai prosentase kesalahan sebesar 0,511 %. Untuk keterangan kurva perbandingan antara hasil pengukuran suhu termometer yang dibuat dengan termometer penerima dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Perbandingan Temperatur Antara Alat yang Dibuat dengan Temperatur Penera

Gambar 4.1 menunjukkan bentuk kurva perbandingan temperatur antara alat yang dibuat dengan temperatur penera yang bersifat linier. Perbedaan antara suhu yang dibuat dan suhu penera sangat kecil sehingga nilai prosentase kesalahannya sangat kecil.

4.1.3 Analisis Rangkaian Uji

Analisis rangkaian uji bertujuan untuk mengetahui hasil pengukuran yang diperoleh sesuai dengan perencanaan atau tidak, dengan cara mengkondisikan antara kajian teoritik dengan kondisi *empiric* dari data pengkajian yang berupa besaran tegangan dan arus dianalisis berdasarkan prinsip kerja rangkaian.

a. Analisis tranduser

Tegangan yang dibutuhkan untuk catu daya tranduser IC LM35 adalah antara 4 Volt sampai dengan 20 Volt. Dalam penelitian, digunakan tegangan masukan 5 Volt. Tiap 10 mVolt tegangan yang dihasilkan oleh tranduser, berbanding dengan 1°C.

b. Analisis rangkaian A/D converter (CA3162E)
Hasil pengukuran pada rangkaian A/D converter menunjukkan bahwa tegangan 1,11 sampai dengan 1,16 Volt merupakan kondisi *low* dan tegangan antara 2,11 sampai dengan 2,21 Volt merupakan kondisi *high*.

c. Analisis rangkaian *decoder* (IC CA3161E)
Hasil pengukuran pada rangkaian *decoder* menunjukkan bahwa untuk tegangan dengan kondisi *low* sebesar 1,68 Volt sampai 1,73 dan kondisi *high* sebesar 2,18 sampai dengan 2,23 Volt.

d. Analisis pada displai

Tegangan untuk dapat menyalakan displai sebesar 2,38 Volt dan arus LED nyala sebesar 15,2 mA. Tegangan yang melewati saat

LED mati sebesar 0,11 Volt dan arus yang melewati sebesar 0,02 mA. Dari pengukuran tersebut, tegangan yang dapat menyalakan LED lebih dari 2 Volt, berarti termasuk dalam kondisi *high*. Sedangkan pada saat kondisi LED padam, tegangan yang terukur kurang dari 2 Volt, berarti tegangan tersebut masuk dalam kondisi *low*.

e. Analisis rangkaian kendali

Pada rangkaian pengendali terdapat dua masukan tegangan yang akan mengendalikan transistor dan relai. Tegangan tersebut adalah tegangan yang berasal dari tranduser dan tegangan yang berasal dari pengaturan.

f. Analisis rangkaian catu daya

Catu daya yang digunakan berdasarkan data dari rangkaian menggunakan IC CA3162E dan IC CA3161E sebesar 4,5 Volt sampai 5,5 Volt. Untuk memenuhi keadaan tersebut, tegangan yang digunakan maka dalam hal ini penulis menggunakan catu daya sebesar 5 Volt. Selain itu juga digunakan tegangan sebesar 12 Volt untuk mensuplai relai.

4.2 Pembahasan

Pengatur suhu dengan sistem digital yang telah penulis rangkai, pada pengukuran masing-masing level sudah dapat berfungsi dengan baik atau sesuai dengan apa yang diharapkan.

4.2.1 Tranduser

Tranduser yang digunakan adalah IC LM35, dengan catu daya 5 Volt, besar tegangan ini sudah dapat membuat tranduser aktif, dikarenakan rentang tegangan yang dibutuhkan oleh IC LM35 adalah antara 4 Volt sampai dengan 20 Volt. Tegangan yang dihasilkan oleh tranduser, untuk tingkat kenaikan 10 mV mewakili 1°C. Dari hasil pengukuran dan analisis, terdapat perbedaan sedikit antara tegangan yang dihasilkan oleh tranduser dengan tampilan pada *seven segment*, dalam artian tidak persis untuk 10 mV mewakili 1°C. Hal ini sangat dimungkinkan karena adanya nilai toleransi dari komponen-komponen yang digunakan dalam rangkaian.

4.2.2 Rangkaian A/D Converter (IC CA3162E)

Pengubah analog menjadi digital digunakan IC CA3162E dengan catu daya masukan minimal 4,5 Volt dan maksimal 5,5 Volt. Didalam IC CA3162E akan terjadi perubahan sinyal analog ke digital dan kemudian dimultiplekserkan ke keluaran BCD.

4.2.3 Rangkaian Decoder (IC CA3161E)

IC CA3161E akan mengubah kode biner *decoder* BCD to *seven segment*, IC tersebut membutuhkan catu daya sebesar 5 Volt. Keluaran yang akan digunakan untuk menyalakan *seven*

segment lebih besar dari 2 Volt untuk kondisi "1" (*high*) dan lebih kecil dari 2 Volt untuk kondisi "0" (*low*).

4.2.4 Tegangan Displai

Untuk menyalakan LED pada *seven segment* biasanya arus yang mengalir berkisar 10 sampai 50 mA. Tegangan yang mengalir dapat diukur keluaran *decoder* yang mengatur penyalakan LED pada *seven segment*.

4.2.5 Rangkaian Pengendali

Rangkaian pengendali, bekerja dengan mengkomparasikan tegangan yang dihasilkan oleh transduser dengan tegangan pengaturan oleh IC LM358. Apabila tegangan dari transduser lebih besar dari tegangan pengaturan, maka tegangan keluaran dari IC tersebut *high*.

4.2.6 Catu Daya Rangkaian

Pada catu daya rangkaian, tegangan masukan yang diperlukan untuk mensuplai rangkaian adalah 5 Volt DC, ini disesuaikan dengan kebutuhan tegangan yang dibutuhkan oleh rangkaian yang menggunakan IC CA3162E dan IC CA3161E, dimana kedua IC tersebut mempunyai rentang catu daya antara 4,5 Volt sampai dengan 5,5 Volt DC. Dari hasil pengukuran didapatkan 5 Volt, dan tegangan tersebut cukup stabil pada nilai 5 Volt, hal ini dikarenakan dipakainya IC 7805 sebagai regulator dalam rangkaian catu daya. Tegangan yang digunakan untuk mensuplai relai adalah 12 Volt, akan tetapi tegangan yang terukur pada rangkaian catu daya 12,2 Volt, hal ini tidak menjadi masalah karena hanya digunakan untuk mensuplai relai.

4.2.7 Unjuk Kerja Rangkaian

Unjuk kerja rangkaian secara keseluruhan sudah dapat berfungsi dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian, bahwa untuk masing-masing level pengaturan, prosentase kesalahan antara suhu yang dibuat dengan suhu penera ditunjukkan dalam hasil pengukuran tidak lebih dari 0,511 % dan untuk standar errornya 0,336°C.

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, hasil pengukuran dan analisis data yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat pengatur suhu dengan sistem digital dapat dibuat dengan komponen menggunakan IC LM35, dan hasilnya mendekati alat penera, dengan *standart error*

sebesar 0.336°C dan prosentase kesalahan sebesar 0.511%.

2. Kinerja alat pengatur suhu dengan sistem digital pengaturannya dapat bekerja dengan baik, dibuktikan dengan kecilnya presentase kesalahan, dari alat uji tersebut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengukuran, analisis data dan pembahasan ada beberapa saran untuk pengembangan keoptimalan kerja alat tersebut, yaitu:

1. Pengaturan suhu dengan sistem digital ini dapat dikembangkan lagi untuk level pengaturan yang lebih luas lagi, dengan menambah *variable resistor* (VR) pada rangkaian pengendali.
2. Jangkauan penginderaan suhu atau temperatur dapat diperluas lagi dengan mengubah atau mengganti transduser yang digunakan.
3. Pengkalibrasian alat dengan ketepatan yang lebih tinggi dapat menghasilkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- David A. Hodges dan Horace G. Jackson. 1987. *Analisis Dan Desain Rangkaian Terpadu Digital*. (Alih bahasa Ir. Sofia H. Bastion Masc.). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Deddy Rusmadi. 1989. *Mengenal Teknik Digital*. Bandung: Penerbit Sinar Baru.
- Depdikbud. 1984. *Kamus Umum Bahasa Indonesia*. Jakarta: Penerbit Balai Pustaka.
- Gatot Soedartono. *Teknik Digital Komputer Dasar-dasar Sistem Digital*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Mafias H.W. Badminton. 1983. *Elektronika Dasar*. Salatiga: Penerbit Universitas Kristen Satya Wacana.
- Malcolm Plant Dana Jan Stuart. 1985. *Pengantar ilmu Teknik instrumentasi*. Jakarta: Penerbit Gramedia.
- Malvino, Albert Paul. 1986. *Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor*. (Alih Bahasa: M.Barmawi). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Melani Setyoadi. 2003. *Elektronika Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Robert F. Coughlin dan Frederick F. Driscoll. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. (Alih Bahasa Ir.

- Hermawan Widodo Soemitro). 1994. Jakarta: Erlangga.
- Sahat Pakpahan. 1988. Kontrol Otomatik Teori dan Penerapan. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Samuel H. Tirtamihardja MSc. 1996. Elektronika Digital. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sudjana. 1996. Metode statistik. Bandung: Tarsito.
- Sutrisno Hadi. 1994. Statistik.2 Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wasito S.1985. Vademekum Elektronika. Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama.

Biografi

Sakti Nur Huda, mahasiswa lulusan Teknik Elektro UNNES