

PERANCANGAN TELEMETRI SUHU DENGAN MODULASI DIGITAL ON-OFF KEYING (OOK) – MODULASI FREKUENSI (FM)

Ronald Arif Wibowo, L2F 000 634
e-mail: ndhutmu@yahoo.com
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstrak- Pengukuran dan pemantauan suhu suatu keadaan pada daerah-daerah seperti gunung, gua, dan lembah sangat sulit dilakukan secara langsung oleh manusia. Pada kegiatan pemantauan cuaca, dimana salah satu parameternya adalah suhu udara, yang dilakukan terus-menerus tidak memungkinkan petugas untuk melakukan pengukuran secara terus-menerus. Selain itu, pada peleburan baja tidak memungkinkan manusia untuk melakukan pengukuran suhu secara langsung pada jarak yang dekat. Tujuan dari sistem telemetri suhu adalah hanya dengan meletakkan alat ukur pada tempat pengukuran, suhu dapat diukur dan dipantau dari tempat lain.

Sistem telemetri suhu terdiri dari dua bagian, yaitu bagian pengirim dan bagian penerima. Pada bagian pengirim, tegangan keluaran sensor suhu yang berupa data analog diubah dengan ADC menjadi data digital paralel, kemudian diubah menjadi data digital serial. Data digital serial diubah menjadi data analog oleh modulator OOK untuk dipancarkan dengan pemancar FM. Pada bagian penerima, data yang dipancarkan diterima oleh penerima FM, kemudian sinyal informasi yang diterima didemodulasi dan dipisahkan dari sinyal pembawanya. Sinyal informasi tersebut diubah kembali menjadi data digital serial dengan demodulasi OOK. Data digital serial tersebut dihubungkan ke komputer melalui rangkaian antarmuka komputer dan hasilnya ditampilkan di monitor.

Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan perangkat dan mengukur suhu selama 24 jam. Pada monitor komputer ditampilkan besaran suhu dalam derajat celsius. Pada pengukuran terdapat kesalahan pada pengkonversian suhu oleh LM35 jika dibandingkan dengan termometer. Kesalahan terbesar setelah dilakukan pengujian adalah $1,5^{\circ}C$.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem telemetri suhu adalah salah satu sistem untuk mengukur suhu jarak jauh. Hal ini sangat diperlukan karena pertimbangan keselamatan dan efisiensi. Sistem ini dapat dipakai untuk pengukuran di tempat-tempat yang sulit untuk dijangkau atau berbahaya bagi keselamatan manusia, seperti gunung berapi, gua, lembah, atau di tempat peleburan baja, sehingga tidak memungkinkan bagi manusia untuk melakukan pengukuran dan pengamatan suhu secara langsung atau dari dekat. Selain itu, pada kegiatan pemantauan cuaca yang dilakukan terus-menerus, dimana salah satu parameternya adalah suhu, dapat dilakukan di tempat yang lebih aman dan nyaman.

1.2 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir ini adalah membuat sistem telemetri suhu dengan modulasi digital *On-Off Keying* (OOK) - modulasi frekuensi (FM).

1.3 Pembatasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Sensor yang digunakan adalah LM35 dengan jangkauan 0 sampai 150° Celsius.
2. Peralatan pemancar FM memiliki daya pancar kurang lebih 2 Watt, dengan frekuensi 110 MHz, dan tidak membahas tentang rangkaian secara detail.
3. Pada penerima FM menggunakan *tuner* jadi, dan tidak membahas tentang rangkaian *tuner* secara detail.
4. Mikrokontroler AT89C51 hanya digunakan sebagai sarana untuk mengubah data paralel menjadi serial UART dengan *baud rate* 600 bps dan tidak membahas arsitektur AT89C51 secara detail.
5. Frekuensi *carrier* untuk sinyal OOK adalah 4kHz.
6. Untuk menampilkan hasil pengukuran digunakan PC dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 6.

II. DASAR TEORI

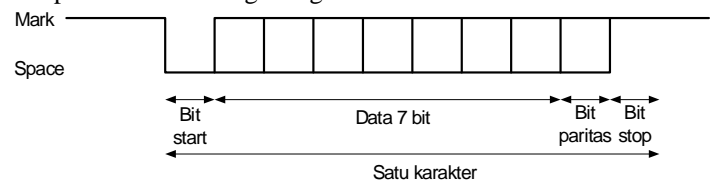
2.1 Sistem Telemetri

Telemetri berasal dari kata “*Tele*” yang berarti jauh dan “*Metri*” yang berarti pengukuran. Sistem telemetri adalah suatu sistem komunikasi untuk mengirim data pengukuran jarak jauh yang menggunakan suatu media transmisi tertentu sebagai

“*Carrier*” data tersebut. Media transmisi tersebut antara lain gelombang radio.

2.2 Komunikasi Serial Asinkron

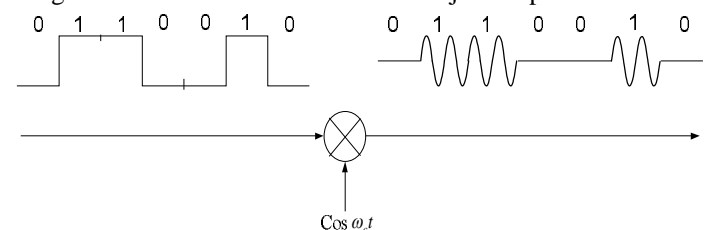
Komunikasi asinkron tidak memerlukan sinyal detak (*clock*) sebagai sinkronisasi, tetapi pengiriman data ini harus diawali dengan bit awal (*start bit*) dan diakhiri dengan bit akhir (*stop bit*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Bit awal direpresentasikan dengan logika ‘0’ dan bit akhir direpresentasikan dengan logika ‘1’.



Gambar 1 Transmisi serial asinkron.

2.3 Modulasi On-Off Keying (OOK)

OOK merupakan bentuk modulasi sinyal digital dengan pembawa sinyal analog yang paling sederhana. OOK terdiri dari *keying* (*switching*) pembawa sinus *on* dan *off* dengan sinyal biner *unipolar*. OOK disebut juga *Amplitude Shift Keying* (ASK). Diagram blok dari modulator OOK ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram blok OOK.

Persamaan gelombang pembawa adalah

$$c(t) = A_c \cdot \cos \omega_c t \quad (1)$$

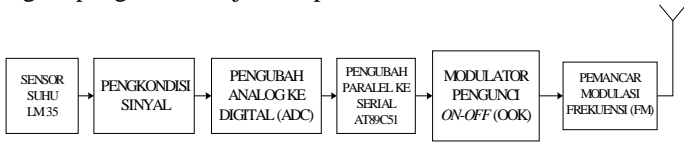
sehingga persamaan sinyal OOK adalah

$$s(t) = \begin{cases} A_c, & 0 < t \leq T, \text{ logika}(1) \\ 0, & 0 < t \leq T, \text{ logika}(0) \end{cases} \quad (2)$$

Sinyal pembawa tersebut dapat berupa $\sin \omega_c t$ atau $\cos \omega_c t$, karena tidak terpengaruh pada besar fasanya. Hasil sinyal keluaran dari OOK adalah pada logika 1 terdapat sinyal pembawa dan pada logika 0 tidak dihasilkan sinyal pembawa.

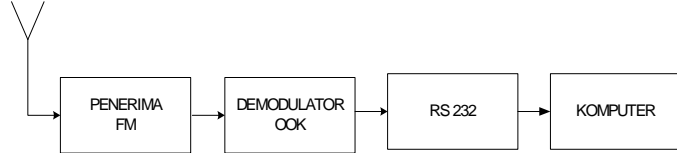
III. PERANCANGAN SISTEM TELEMETRI SUHU

Perancangan sistem telemetri suhu ini terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian pengirim dan bagian penerima. Blok diagram bagian pengirim ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Blok diagram pengirim.

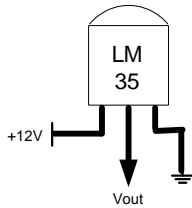
Blok diagram untuk bagian penerima ini ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4 Blok diagram penerima.

3.1 Sensor Suhu LM35

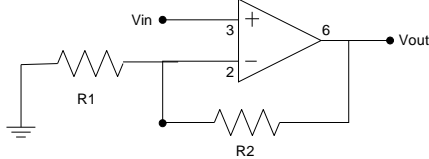
Sensor ini berfungsi untuk mengubah besaran-besaran fisis (suhu) menjadi besaran listrik (analog) yang sebanding. Tegangan keluaran LM35 naik secara linear sesuai dengan kenaikan suhu dalam derajat Celsius, yaitu $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Jangkauan maksimal LM35 adalah -55° sampai $+150^\circ\text{C}$. Dalam tugas akhir ini, suhu yang diukur adalah 0° sampai $+150^\circ\text{C}$. Tegangan keluaran maksimum LM35 adalah $1,5\text{ V}$. Konfigurasi sensor LM35 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Konfigurasi sensor suhu LM35.

3.2 Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal ini merupakan rangkaian penguat tegangan dengan menggunakan penguat operasional tak membalik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 7 Pengkondisi sinyal.

Tegangan keluaran maksimum yang diinginkan adalah 5V , sedang tegangan masukan pengkondisi sinyal yang merupakan tegangan keluaran sensor hanya memiliki nilai maksimum sebesar $1,5\text{V}$, sehingga diperlukan penguatan sebesar

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{5}{1,5} = 3,333 \quad (3)$$

sehingga diperoleh nilai-nilai R_1 dan R_2 sebagai berikut.

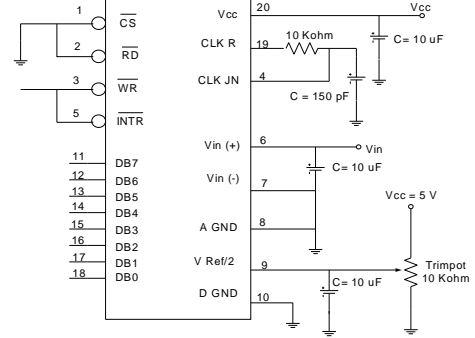
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1} + 1 = 3,333 \quad (4)$$

Diambil nilai $R_1=2\text{k}\Omega$, maka nilai $R_2=4,667\text{k}\Omega$.

3.3 ADC0804

ADC berfungsi untuk mengubah isyarat analog dari pengukuran ke isyarat digital yang akan dikirimkan ke mikrokontroler. ADC yang digunakan adalah ADC0804. ADC0804 merupakan jenis ADC dengan mode kerja *free*

running. Mode kerja *free running* memungkinkan ADC untuk terus-menerus mengkonversi tegangan yang diterima. Rangkaian ADC0804 ditunjukkan pada Gambar 8.

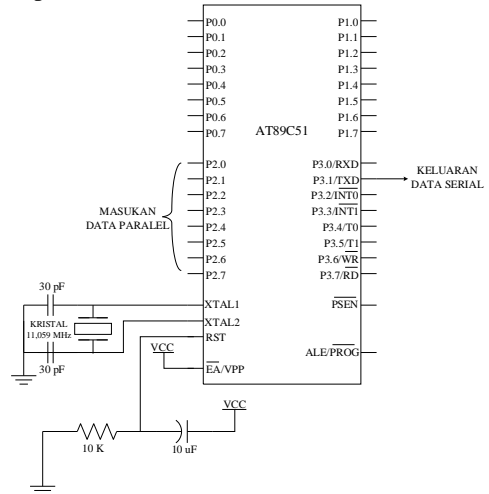


Gambar 8 Rangkaian *free running* ADC0804.

3.4 Pengubah Data Paralel Menjadi Serial dengan AT89C51

3.4.1 Perangkat Keras

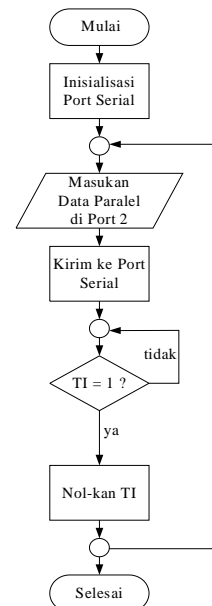
Data 8 bit masuk melalui port 2 mikrokontroler secara paralel kemudian keluar melalui port 3.1 yang merupakan port komunikasi serial. Rangkaian mikrokontroler AT89C51 ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Sistem minimum AT89C51.

3.4.2 Perangkat Lunak

Diagram alir (*flowchart*) program ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Diagram alir program mikrokontroler.

TH1 pada Timer1 diisi dengan nilai yang sesuai dengan *baud rate* yang diinginkan yaitu 600 *baud*, dengan demikian isi TH1 adalah

$$TH1 = 256 - \frac{(K \times \text{Frekuensi Osilator})}{(384 \times \text{Baud Rate})} \quad (5)$$

$$= 256 - \frac{1 \times 11,0592 \text{ MHz}}{384 \times 600} = 208 \text{ desimal} = D0H$$

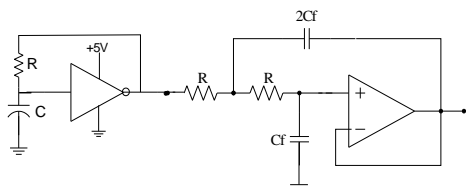
Listing programnya adalah sebagai berikut.

```
org 00h
init: mov tmod,#020h
      mov th1,#0D0h
      mov scon,#50h
      setb tr1
ubah: mov a,p2
      mov sbuf,a
      jnb ti,$
      clr ti
      sjmp ubah
end
```

3.5 Modulator OOK

3.5.1 Rangkaian Osilator

Rangkaian osilator dengan IC 7414 ditunjukkan oleh Gambar 11.

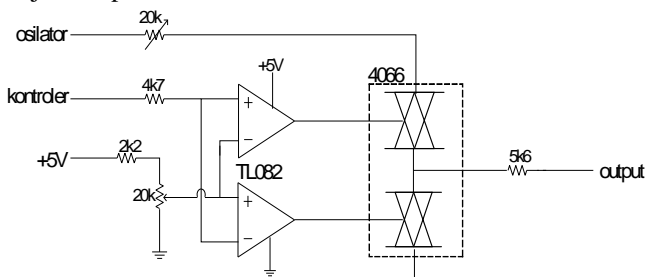


Gambar 11 Rangkaian osilator dengan IC 7414.

Rangkaian osilator digunakan untuk membangkitkan sinyal pembawa informasi (sinyal *carrier*) dengan frekuensi *carrier* (fc) sebesar 4 kHz.

3.5.2 Saklar Analog

Modulator OOK dibuat dari rangkaian saklar analog, yang digunakan untuk membentuk sinyal modulasi OOK. Rangkaian saklar analog dengan menggunakan IC 4066 ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Rangkaian saklar analog menggunakan IC 4066.

3.6 Pemancar FM

Pemancar FM terdiri dari 3 blok, yaitu

1. Osilator

Berfungsi untuk menghasilkan gelombang sinus sebagai sinyal pembawa.

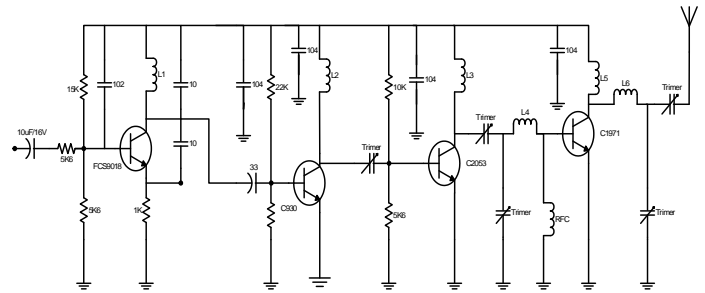
2. Penyangga

Berfungsi untuk menstabilkan frekuensi dan/atau amplitudo osilator akibat dari pembebanan tingkat selanjutnya.

3. Penguat Daya

Berfungsi untuk menghasilkan daya yang lebih besar

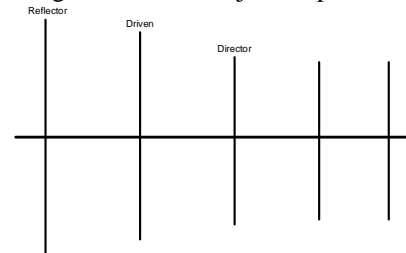
Rangkaian pemancar FM ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Pemancar FM.

3.7 Antena Yagi

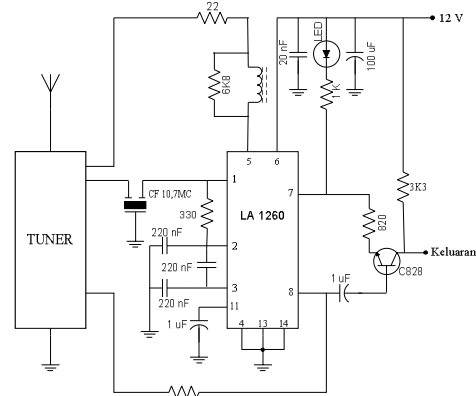
Pada tugas akhir ini, Antena Yagi dirancang memiliki 5 elemen, yaitu 1 elemen reflektor, 1 elemen *driven*, dan 3 elemen direktor. Antena Yagi 5 elemen ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Antena Yagi.

3.8 Penerima FM

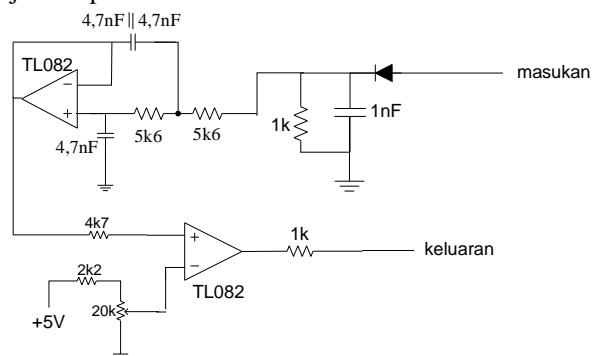
Sinyal yang dipancarkan oleh pemancar FM lewat antenna Yagi, diterima oleh penerima FM. Penerima FM ini menggunakan *tuner build up* yang menghasilkan sinyal IF, dan sebuah IC LA1260 sebagai IC demodulator FM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Penerima FM.

3.9 Demodulator OOK

Rangkaian demodulator OOK menggunakan rangkaian penyearah tegangan puncak (*envelope detector*) untuk mendeteksi sinyal OOK. Rangkaian demodulator OOK ditunjukkan pada Gambar 16.

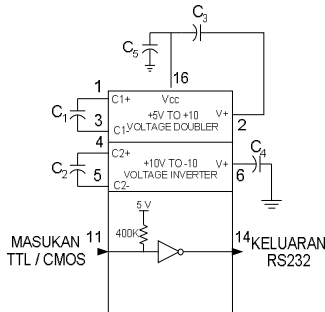


Gambar 16 Rangkaian demodulator OOK.

Sinyal keluaran dari demodulator OOK berupa deretan bit-bit digital. Bit 1 pada saat ada sinyal pembawa dan bit 0 pada saat tidak ada sinyal pembawa.

3.10 RS232

Rangkaian antarmuka serial RS232 menggunakan rangkaian terintegrasi (IC) jenis MAX232. MAX232 dapat berfungsi untuk mengubah level tegangan TTL menjadi level tegangan RS232, dan juga sebaliknya. Rangkaian antarmuka RS232 dengan IC MAX232 ditunjukkan oleh Gambar 17.



Gambar 17 Antarmuka serial RS232 dengan IC MAX232.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

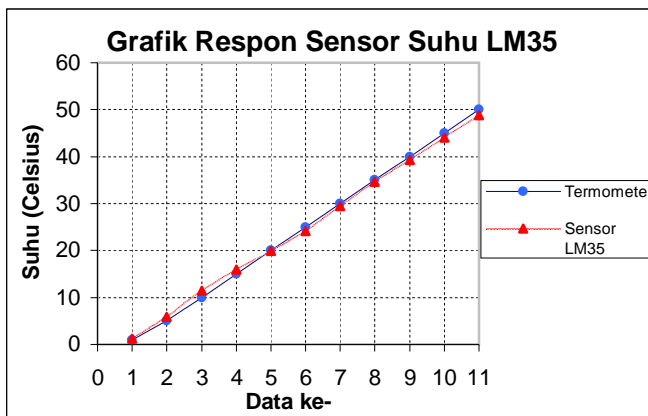
4.1 Sensor suhu LM35

Sebuah termometer air raksa diasumsikan sebagai standar pengukuran suhu yang benar. Media yang digunakan untuk pengukuran adalah es. Es ini dipanaskan sedikit demi sedikit hingga mencair sambil mengamati suhu pada termometer tersebut dan tegangan keluaran LM35. Hasil pengujian LM35 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian LM35.

Data ke-	Suhu Termometer (°C)	Tegangan Keluaran LM35 (mV)	Suhu dari LM35 (°C)
1	1	12	1,2
2	5	58	5,8
3	10	115	11,5
4	15	160	16,0
5	20	199	19,9
6	25	241	24,1
7	30	294	29,4
8	35	346	34,6
9	40	393	39,3
10	45	441	44,1
11	50	488	48,8

Dari Tabel 11 dapat dibuat sebuah grafik yang ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Grafik respon sensor suhu LM35.

Dari hasil pengujian, terdapat perbedaan suhu antara sensor suhu LM35 dengan alat ukur termometer. Perbedaan terbesar adalah 1,5°C.

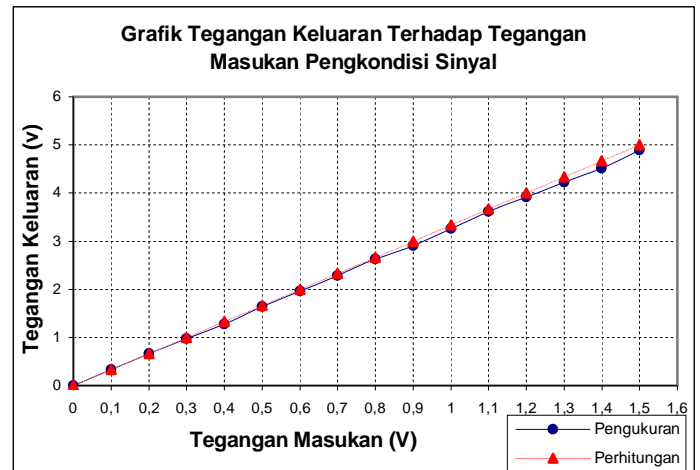
4.2 Pengkondisi Sinyal

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian pengkondisi sinyal.

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	
	Pengukuran	Perhitungan
0,0	0,00	0,00
0,1	0,33	0,33
0,2	0,66	0,67
0,3	0,98	0,99
0,4	1,28	1,33
0,5	1,64	1,67
0,6	1,96	1,99
0,7	2,29	2,33
0,8	2,63	2,67
0,9	2,91	2,99
1,0	3,26	3,33
1,1	3,61	3,67
1,2	3,91	3,99
1,3	4,23	4,33
1,4	4,51	4,67
1,5	4,89	4,99

Pada Tabel 2 terlihat bahwa tegangan keluaran hasil pengukuran pada alat mendekati nilai tegangan keluaran secara perhitungan. Kesalahan terbesar adalah 0,17 Volt. Grafik tegangan keluaran terhadap tegangan masukan rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19 Grafik tegangan keluaran terhadap tegangan masukan pengkondisi sinyal.

4.3 ADC0804

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan masukan ADC dengan tegangan variabel, dan menghubungkan 8 bit keluaran dengan indikator LED. Hasil dari pengujian ADC0804 ditunjukkan dalam Tabel 3.

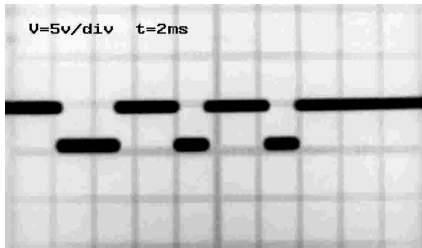
Tabel 3 Hasil pengujian ADC.

Tegangan Masukan (V)	Keluaran Biner 8 Bit	Keluaran dalam Desimal	Perhitungan
0,0	00000000	0	0
0,5	00011001	25	25,5
1,0	00110011	51	51
1,5	01001100	76	76,5
2,0	01100110	102	102
2,5	10000000	128	127,5
3,0	10011001	153	153
3,5	10110011	179	178,5
4,0	11001100	204	204
4,5	11100101	229	229,5
5,0	11111111	255	255

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa bit keluaran pada rangkaian ADC hampir sama dengan perhitungan teorinya. Kesalahan terbesar adalah 0,5 bit.

4.4 Mikrokontroler

Pada pengujian blok ini menggunakan data paralel 01101101. Data paralel ini diambil dengan menggunakan saklar dip 8 bit. Kemudian data serial diamati dengan menggunakan osiloskop. Hasil keluaran dari mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 20.

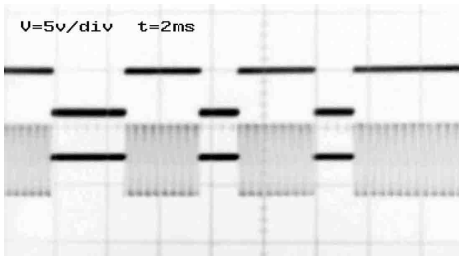


Gambar 20 Sinyal keluaran mikrokontroler.

Dari Gambar 20, dapat dilihat bahwa nilai periode untuk 1 bit adalah $0,83 \times 2 \text{ ms} = 1,66 \text{ ms}$, maka nilai *baud ratenya* adalah $1/1,66\text{ms} = 602,4 \text{ bps}$.

4.5 Modulator OOK

Hasil pengujian modulator OOK ditunjukkan pada Gambar 21.

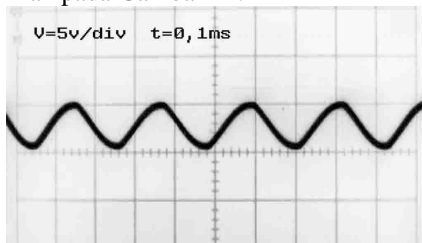


Gambar 21 Sinyal keluaran rangkaian modulator OOK.

Sinyal yang diatas adalah sinyal masukan dari mikrokontroler, sedangkan sinyal keluaran rangkaian modulator OOK adalah yang dibawah. Pada saat mendapat masukan bit '0' maka pada keluaran modulator OOK adalah tidak ada sinyal sinus dan pada saat mendapat masukan bit '1' maka keluarannya modulator OOK adalah ada sinyal sinus.

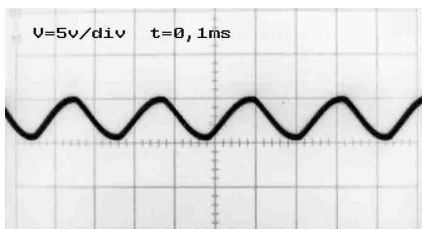
4.6 Pemancar FM dan Penerima FM

Pemancar FM diberi masukan sinyal uji dengan frekuensi 4 kHz dari AFG yang mewakili sinyal pembawa OOK, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22 Sinyal masukan pemancar FM.

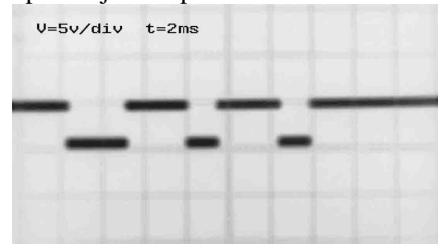
Pada penerima FM, *tuner* diputar-putar sampai ditemukan frekuensi pemancar FM, yaitu pada 110 MHz. Setelah cocok, keluaran pada penerima FM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22 Sinyal keluaran penerima FM.

4.7 Demodulator OOK

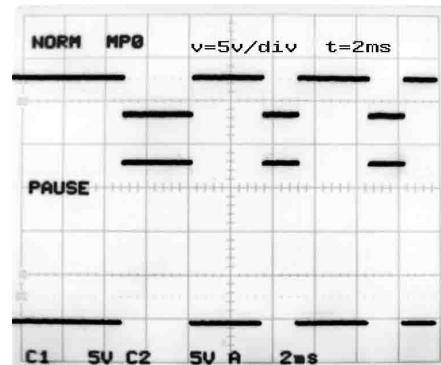
Hasil pengujian rangkaian demodulator OOK yang tampak pada osiloskop ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23 Sinyal keluaran rangkaian demodulator OOK.

4.8 RS232

Foto bentuk sinyal masukan dan sinyal keluaran dari blok antarmuka serial RS232 pada osiloskop ditunjukkan oleh Gambar 24.



Gambar 24 Sinyal rangkaian antarmuka RS232.

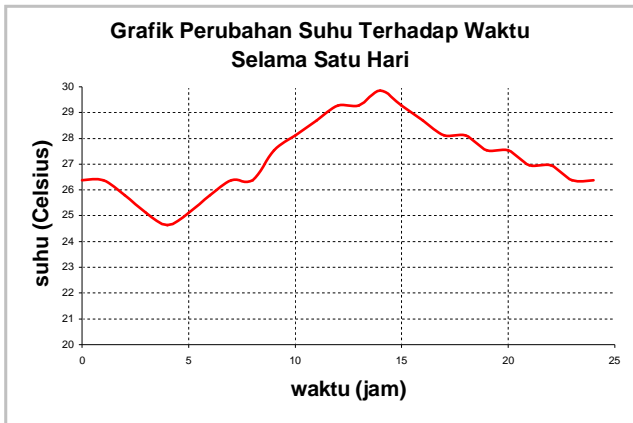
Sinyal yang diatas merupakan sinyal masukan dengan level tegangan 0 V dan 5 V sedangkan sinyal yang dibawah adalah sinyal keluarannya dengan level tegangan 9 V dan -9 V.

4.9 Pengujian Keandalan Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan perangkat selama 24 jam dengan pengambilan data setiap jam. Selama dilakukan pengujian, alat dapat berfungsi dengan baik dan data yang tercatat seperti yang ditunjukkan Tabel 4 dan dari tabel tersebut dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 25.

Tabel 4 Data pengujian selama 1 hari.

Jam	Suhu
0 : 00 : 00	26,38 °C
1 : 00 : 00	26,38 °C
2 : 00 : 00	25,80 °C
3 : 00 : 00	25,22 °C
4 : 00 : 00	24,64 °C
5 : 00 : 00	25,22 °C
6 : 00 : 00	25,80 °C
7 : 00 : 00	26,38 °C
8 : 00 : 00	26,38 °C
9 : 00 : 00	27,54 °C
10 : 00 : 00	28,12 °C
11 : 00 : 00	28,70 °C
12 : 00 : 00	29,28 °C
13 : 00 : 00	29,28 °C
14 : 00 : 00	29,85 °C
15 : 00 : 00	29,28 °C
16 : 00 : 00	28,70 °C
17 : 00 : 00	28,12 °C
18 : 00 : 00	28,12 °C
19 : 00 : 00	27,54 °C
20 : 00 : 00	27,54 °C
21 : 00 : 00	26,96 °C
22 : 00 : 00	26,96 °C
23 : 00 : 00	26,38 °C
23 : 59 : 59	26,38 °C



Gambar 25 Grafik perubahan suhu selama 1 hari.

Penurunan suhu terjadi dari jam 00.00 sampai 04.00, kemudian suhu naik dari jam 04.00 sampai 14.00, dan terjadi penurunan lagi dari jam 14.00 sampai 23.59. Suhu tertinggi terjadi pada jam 14.00, yaitu 29,85°C, dan suhu terendah terjadi pada jam 04.00, yaitu 24,6°C.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sensor suhu LM35 memiliki nilai kesalahan maksimum sebesar 1,5° C jika dibandingkan dengan termometer air raksa sebagai standar pengukuran suhu yang benar.
2. Pengkondisi sinyal digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran sensor suhu LM35 sebesar 3,33 kali dengan penyimpangan tegangan keluaran terbesar adalah 0,17 Volt jika dibandingkan dengan perhitungan secara teorinya.
3. Kesalahan terbesar pada pengubahan data dari analog ke digital oleh ADC0804 sebesar 1,5 bit jika dibandingkan dengan perhitungan secara teorinya.
4. Pengubahan data paralel menjadi data serial UART dilakukan oleh mikrokontroler dengan *baud rate* sebesar 602,4 bps.
5. Dengan level tegangan keluaran +9 V dan -9 V, rangkaian antarmuka serial RS232 masih dapat berfungsi dengan baik.
6. Secara keseluruhan sistem telemetri suhu dapat bekerja dengan baik.

5.2 Saran

1. Untuk memperjauh jangkauan pemancar dapat menggunakan penguat transistor dengan daya yang lebih besar.
2. Untuk memperbesar jangkauan pengukuran suhu dapat menggunakan sensor yang lain, misal *termocouple*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Astadiya, Heddi, *Aplikasi Sistem Pengkodean Protokol X10 Pada Pengontrolan Peralatan Listrik Jarak Jauh Melalui Saluran Telepon Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT90S1200*, Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.

[2] Couch II W. Leon, *Digital and Analog Communication Systems*, 5th Edition, Prentice-Hall International, INC., 1997.

[3] Kraus, John D, *Antennas*, McGraw Hill Book Company, Singapore,1988.

[4] Malvino, Paul Albert, *Prinsip – Prinsip Elektronika Jilid I*, Diterjemahkan oleh Sahat Pakpahan, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.

[5] Mc Swiggan, Francis, *To Design and Build a Portable, Miniaturised, Multichannel FM Transmitter*, Tugas Akhir, University of Limerick, Irlandia, 2005.

[6] Pranata, Anthony, *Pemrograman Borland Delphi 6*, Edisi Keempat, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2003.

[7] Putra, Agfianto Eko, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*, Gaya Media, Yogyakarta, 2002.

[8] Sedra S. Adel and Smith C. Kenneth, *Rangkaian Mikroelektronik*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, 1990.

[9] S. Wasito, *Data Sheet Book 1*, PT. Elex Media Komputindo, 1997.

[10] Tocci, Ronald J, *Digital Systems : Principles and Applications*, 5th Edition, Prentice – Hall, New Jersey, 1991.

[11] Williams B. Arthur, *Electronic Filter Design Handbook*, McGraw Hill Book Company, 1981.

[12], *ADC0804*, <http://www.national.com>, 2005.

[13], *AT89C51*, <http://www.Atmel.com>, 2005.

[14], *C1970*, <http://www.mitsubishi.com>, 2005.

[15], *C2053*, <http://www.mitsubishi.com>, 2005.

[16], *C9018*, <http://www.usaha.com>, 2005.

[17], *C930*, <http://www.bocasemi.com>, 2005.

[18], *LA1260*, <http://www.sanyo.com>, 2005.

[19], *LM35*, <http://www.national.com>, 2005.

[20], *MAX232*, <http://www.maxim-ic.com>, 2005.



Ronald Arif Wibowo lahir di Semarang, 9 April 1982. Lulus dari SMUN 06 Semarang tahun 2000. Saat ini sedang menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Teknik Elektro UNDIP, konsentrasi elektronika dan telekomunikasi.

Menyetujui dan mengesahkan

Pembimbing I

Pembimbing II

Wahyudi, ST, MT.
NIP. 132 086 662

Trias Andromeda, ST, MT.
NIP. 132 283 185