Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Antara Output LM 35 dengan Termometer

No	Output LM 35 (Volt)	Termometer Analog (^{0}C)	Error (^{0}C)
1	0,25	25	0
2	0,26	26	0
3	0,27	26,5	0,5
4	0,28	27,5	0,5
5	0,29	28	1
6	0,30	29	1
7	0,35	35,5	0,5
8	0,40	40,5	0,5
9	0,45	44	1
10	0,50	49	1

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan kecil antara hasil pembacaan sensor dan termometer analog dimana respon pembacaan termometer lebih lambat dibandingkan keluaran tegangan dari LM 35. Karena *error* yang dihasilkan tidak begitu besar maka rangkaian sensor ini masih terbilang cukup baik dan mempunyai perbandingan yang linier terhadap perubahan suhu.

4.1.2 Pengujian Op-Amp LM 358

Tegangan yang keluar dari sensor suhu masih sangat kecil yaitu hanya sebesar 0,1 volt setiap perubahan 1 derajat celcius sehingga tidak akan terbaca oleh rangkaian ADC. Untuk menyesuaikan dengan resolusi tegangan input pada

rangkaian ADC, maka keluaran dari sensor ini dikuatkan lagi dengan rangkaian penguat agar dapat lebih mudah terbaca dan memudahkan pengukuran. Rangkaian penguat yang dipakai menggunakan LM358 dengan penguatan sebesar 3 kali. Pengaturan besarnya penguatan ini didapatkan sesuai persamaan :

=— ……(4.1)

= — + 1 ……(4.2)

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian output sensor menggunakan multimeter :

Tabel 4.2 Hasil Keluaran Op-Amp

No	Tegangan Output LM 35 (volt)	Tegangan Output Op-Amp (volt)
1	0,26	0,78
2	0,27	0,81
3	0,28	0,84
4	0,29	0,87
5	0,30	0,90
6	0,35	1,05
7	0,40	1,20
8	0,45	1,35
9	0,50	1,50

4.1.3 Pengujian Sensor Getar Air Raksa

Prinsip kerja dari sensor getar ini sebenarnya mirip seperti saklar, yaitu akan menghidupkan tegangan listrik jika kedua kawat di dalam sensor ini

terhubung oleh air raksa yang berfungsi sebagai konduktor. Di bawah ini adalah tabel hasil pengujian dari sensor getar :

Tabel 4.3 Hasil Keluaran dari Sensor Getar

Tegangan Sensor (Volt)	Keluaran ADC	Status Sensor
0	0	Tidak Aktif
3,63	10111100	Aktif

Saat sensor getar ini aktif, maka tegangan yang keluar dari sensor ini akan diubah oleh rangkaian ADC ke dalam bentuk bit bilangan biner yang selanjutnya akan terbaca oleh mikrokontroller bahwa sensor dalam keadaan aktif dan akan mengirimkan pesan peringatan yang akan muncul pada PC. Sebaliknya jika sensor dalam keadaan OFF maka mikrokontroler akan membaca bahwa sensor dalam keadaan tidak aktif dan akan mengirimkan pesan bahwa tidak ada aktivitas gempa pada PC.

4.1.4 Pengujian Sensor Gas TGS 2442

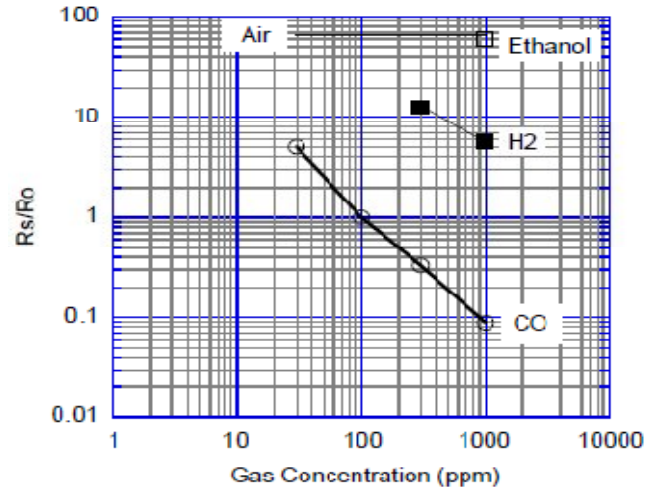
Pada pengujian ini penulis tidak sempat mendapatkan data dari sensor ini dikarenakan terjadi kesalahan saat melakukan perancangan sehingga menyebabkan sensor ini rusak dan tidak dapat bekerja dengan semestinya. Untuk itu pengujian pada rangkaian sensor ini tidak bisa dilakukan sehingga penulis melakukan pengujian perhitungan berdasarkan data *electrical characteristics* dari datasheet sensor tersebut. Perhitungan ini dilakukan sesuai dengan rumus yang ada pada datasheet sensor yaitu :

$$Rs = ((Vcc \times RL) / Vout) - RL$$

Misalnya kita asumsikan bahwa Vcc = 5 Volt, RL = 20 K ohm ,dan Vout = 4 Volt maka :

$$Rs = ((5 \times 20000) / 4) - 20000 = 5 \text{ K ohm}$$

Setelah itu gunakan grafik perbandingan antara konsentrasi gas dengan nilai *Rs* yang ada pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Antara Konsentrasi Gas dan Hambatan *Rs*

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwa nilai *Rs* berbanding terbalik dengan nilai konsentrasi gas (*ppm*) jadi semakin kecil nilai *Rs* maka maka nilai konsentrasi gas semakin besar. Dengan melihat grafik perbandingan tersebut maka dapat diketahui bahwa pada nilai *Rs* 5 K *ohm* maka besar konsentrasi gas adalah kira – kira sebesar 30 *ppm*.

4.1.5 Pengujian Multiplekser (IC 4051)

Untuk mengetahui apakah rangkaian multiplekser ini bekerja dengan baik maka dilakukan pengujian dengan cara memasukkan tegangan dengan nilai yang bervariasi pada tiap input multiplekser ini lalu dilihat keluarannya sesuai dengan *control input* yang diberikan pada IC 4051 ini. Nilai tegangan tersebut masing – masing adalah sebesar 2,4 V, 2,7 V , 3 V, 3,3 V, 3,6 V, 3,9 V, 4,3 V dan 4,7 V yang akan dimasukkan secara berurutan mulai dari input X0 sampai X7 pada IC 4051. Berikut adalah data hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Multiplekser

Control Inputs			Input Tegangan (Volt)	Pin Input	Output Tegangan (Volt)
C	B	A			
0	0	0	2,4	X0	2,4
0	0	1	2,7	X1	2,7
0	1	0	3	X2	3
0	1	1	3,3	X3	3,3
1	0	0	3,6	X4	3,6
1	0	1	3,9	X5	3,9
1	1	0	4,3	X6	4,3
1	1	1	4,7	X7	4,7

Setelah dilakukan pengujian lalu data hasil percobaan dicocokkan dengan tabel kebenaran dari datasheet IC 4051 seperti terlihat di bawah ini:

Tabel 4.5 Tabel kebenaran IC 4051

Control Inputs				ON Switches
INHIBIT	C	B	A	
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X6
0	1	1	1	X7
1	x	x	x	None

x = Don't Care

Setelah dibandingkan dengan tabel kebenaran maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian multiplekser menggunakan IC 4051 bekerja dengan baik.

4.1.6 Pengujian ADC 0804

Pada rangkaian ADC, yang perlu diperhatikan adalah resolusinya, resolusi ini adalah batas minimum tegangan input yang dapat terbaca oleh ADC yang akan menentukan bit keluaran dari rangkaian ADC. Untuk mengetahui resolusi tersebut adalah dengan menggunakan persamaan :

——=

Vref = Tegangan referensi ADC

2^n = Lebar data bit

Sehingga untuk mendapatkan nilai output digital digunakan dengan menggunakan rumus berikut :

Nilai Digital = ————————

Dalam perancangan alat ini tegangan power supply yang dipakai oleh penulis adalah sebesar 4,89 volt sehingga besar resolusinya adalah :

$$\text{Resolusi} = \frac{\cdot}{} = \frac{'}{} = 0{,}0194$$

Hasil dari pengujian pada rangkaian ADC didapatkan data output sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Rangkaian ADC

No	Vin (+)	Output ADC							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0,78 volt	0	0	1	0	1	0	0	1
2	0,81 volt	0	0	1	0	1	0	1	0
3	0,84 volt	0	0	1	0	1	1	0	0
4	0,87 volt	0	0	1	0	1	1	0	1
5	0,90 volt	0	0	1	0	1	1	1	1

Sedangkan dari persamaan dihasilkan data sebagai berikut :

- Data 1: Nilai Digital $= \frac{'}{,} = 40{,}2 =$ dibulatkan menjadi 41

  41 diubah ke bentuk biner menjadi = 00101001

- Data 2: Nilai Digital $= \frac{'}{,} = 41{,}7 =$ dibulatkan menjadi 42

  43 diubah ke bentuk biner menjadi = 00101010

- Data 3: Nilai Digital $= \frac{'}{,} = 43{,}2 =$ dibulatkan menjadi 44

  44 diubah ke bentuk biner menjadi = 00101100

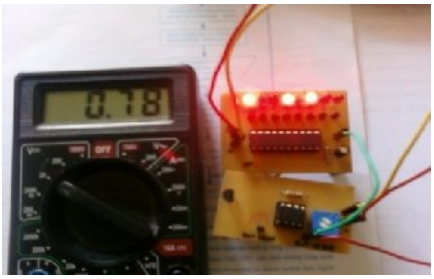
- Data 4: Nilai Digital $= \frac{'}{,} = 44{,}8 =$ dibulatkan menjadi 45

  46 diubah ke bentuk biner menjadi = 00101101

- Data 5: Nilai Digital $= \frac{'}{,} = 46.3 =$ dibulatkan menjadi 47

47 diubah ke bentuk biner menjadi = 00101111

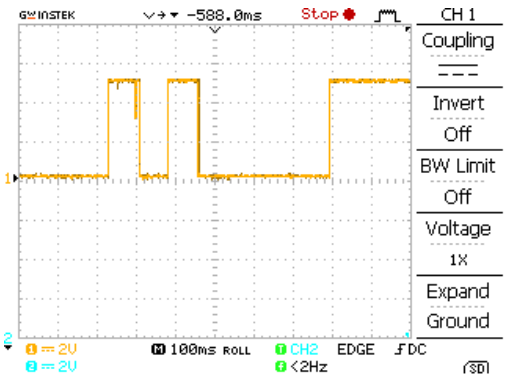
Dibawah ini adalah contoh gambar pengujian dari ADC 0804 saat tegangan inputnya sebesar 0,78:



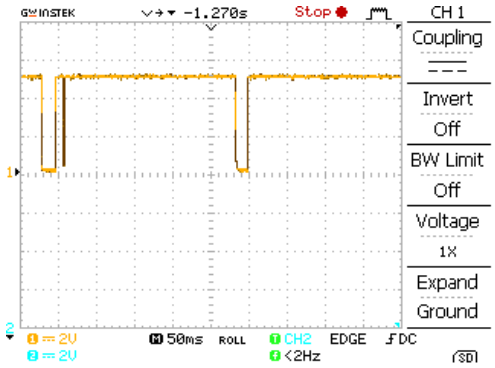
Gambar 4.2 Hasil Pengujian ADC Saat Tegangan Inputnya sebesar 0,78 volt

4.1.7 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler

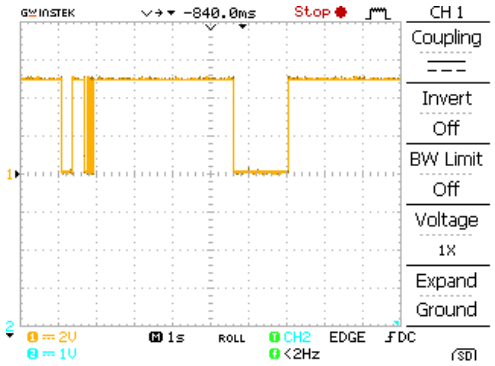
Pada rangkaian ini dilakukan pengujian dengan cara melakukan pengukuran output mikrokontroler menggunakan alat ukur *osiloscope* untuk melihat bentuk gelombang sinyal yang dihasilkan. Berikut adalah data-data yang didapatkan dari hasil pengukuran :



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Output Mikrokontroler Saat Output ADC=00101001



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Output Mikrokontroler Saat Output ADC=01110111

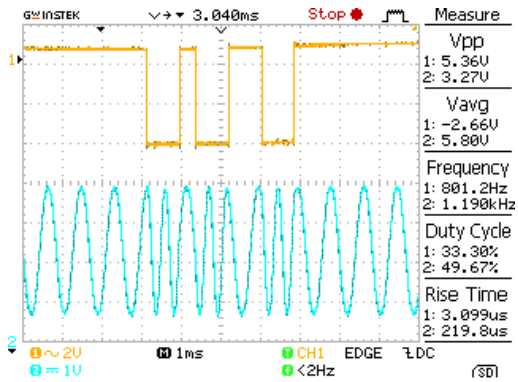


Gambar 4.5 Hasil Pengujian Output Mikrokontroler Saat Output ADC= 01110011

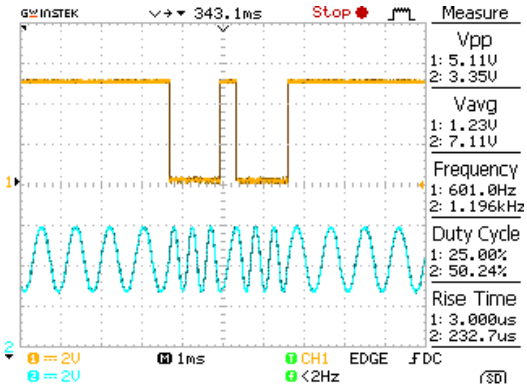
Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa pada output mikrokontroler, sinyal yang dihasilkan berupa sinyal kotak yang akan berubah-ubah sesuai dengan sinyal digital yang berasal dari ADC. Sinyal kotak yang dihasilkan oleh mikrokontroler berupa data TTL (transistor transistor logic) sebesar 0 Volt untuk sinyal *low* dan +5 V untuk sinyal *high* sehingga perubahan pada data input mikrokontroler tidak mempengaruhi amplitudonya. Sinyal TTL ini nantinya akan digunakan unuk mengirim data ke modulator FSK yang hanya bisa bekerja jika diberi sinyal input berupa data TTL.

4.1.8 Pengujian Rangkaian *Modulator FSK*

Rangkaian Modulator FSK ini berfungsi untuk mengubah sinyal digital yang berasal dari output mikrokontroler ke dalam bentuk sinyal analog agar nantinya data dapat dikirimkan oleh pemancar. Pada pengujian modulator ini ialah dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur osiloskop pada outputnya. Di bawah ini adalah data hasil pengujian dengan membandingkan antara output mikrokontroler dengan output modulator FSK :



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Output Modulator FSK Dengan Data Dari Sensor Suhu

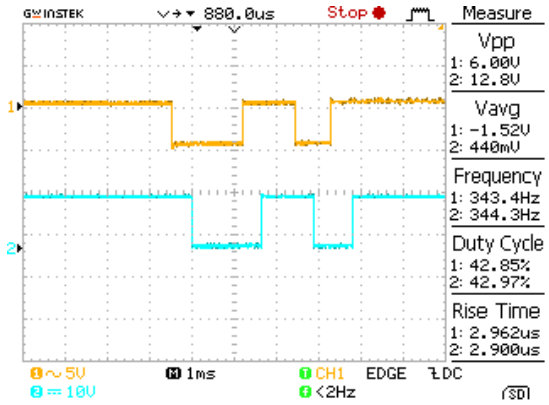


Gambar 4.7 Hasil Pengujian Output Modulator FSK Dengan Data Dari Sensor Getar

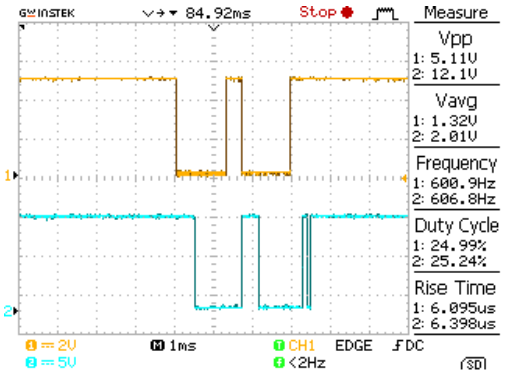
Seperti terlihat pada gambar, data input yang berupa sinyal digital kotak yang mempunyai keadaan 1 dan 0 akan dirubah ke dalam bentuk sinyal analog yang mempunyai frekuensi berbeda yaitu *f1* (*mark frequency*) dan *f2* (*space frequency*). Keluaran dari output fsk akan bergeser diantara frekuensi tersebut sesuai perubahan data input yaitu frekuensi *mark* pada saat logika '1' dan frekuensi *space* pada saat logika '0', ini sesuai dengan karakteristik pada modulasi FSK.

4.1.9 Pengujian Rangkaian *Demodulator FSK*

Untuk merubah sinyal analog yang berasal dari pemancar, maka dibutuhkan rangkaian demodulator untuk merubah kembali sinyal ke dalam bentuk digital agar dapat diterima oleh rangkaian pengolah data selanjutnya. Teknik pengujian pada rangkaian ini dilakukan dengan mengukur keluaran dari demodulator ini menggunakan osiloskop. Berikut ini data yang dihasilkan dari hasil pengujian dengan membandingkan antara input modulator dengan output Demodulator FSK :



Gambar 4.8 Hasil Pengujian Output Demodulator FSK Dengan Data Dari Sensor Suhu

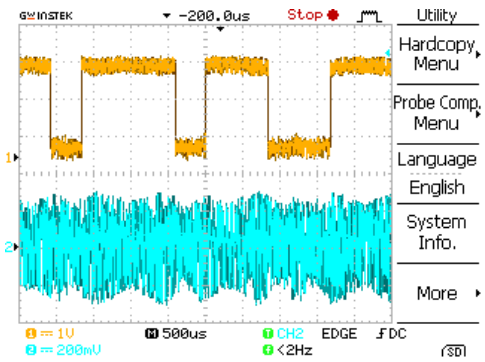


Gambar 4.9 Hasil Pengujian Output Demodulator FSK Dengan Data Dari Sensor Getar

Pada demodulasi FSK, maka sinyal output dari rangkaian demodulator harus sama dengan bentuk sinyal data yang berasal dari mikrokontroler yaitu berupa sinyal logika ‘1’ dan ‘0’.

4.1.10 Pengujian Rangkaian Pemancar FM

Rangkaian ini berfungsi untuk memancarkan atau mengirimkan data menggunakan media udara sehingga dapat diterima oleh bagian penerima. keluaran dari pemancar FM merupakan sinyal analog dengan masukan berasal dari rangkaian demodulator FSK. Berikut ini adalah sinyal keluaran dari pemancar FM :

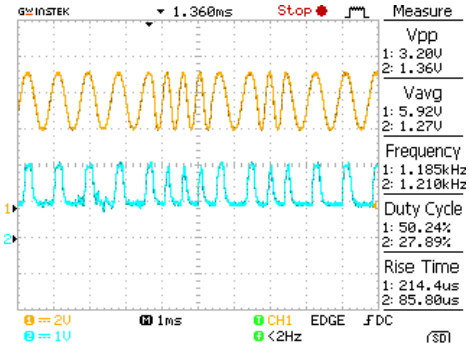


Gambar 4.10 Output Pemancar FM

Seperti terlihat pada gambar di atas, bentuk sinyal keluaran dari pemancar FM berbentuk sinyal yang tidak beraturan, seharusnya bentuk keluaran sinyal berupa gelombang yang merapat dan merenggang seperti halnya sinyal output modulator. Hal ini dikarenakan frekuensi pada output pemancar masih bercampur dengan frekuensi RF atau frekuensi tinggi yang berasal dari rangkaian pemancar.

4.1.11 Pengujian Rangkaian Penerima FM

Rangkaian penerima FM merupakan rangkaian demodulasi yang akan mengembalikan bentuk sinyal FM ke dalam bentuk aslinya sehingga frekuensi tinggi yang berasal dari pemancar akan dihilangkan. Bentuk sinyal keluaran dari penerima FM identik dengan keluaran dari rangkaian modulator FSK karena merupakan bentuk pemodulasi yang merubah nilai frekuensi *carrier*nya. Di bawah ini adalah gambar sinyal output penerima FM hasil pengujian menggunakan *oscilloscope* :

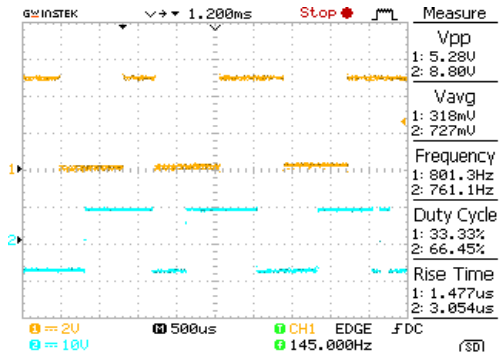


Gambar 4.11 Output Penerima FM

4.1.12 Pengujian Rangkaian RS232

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa rangkaian ini berfungsi untuk merubah format data pada level tegangan RS232, yaitu sebesar -3

sampai -25 *volt* untuk mewakili kondisi *low* dan +3 sampai +25 *volt* untuk kondisi *high* agar data dapat terbaca oleh komputer. Pengujian rangkaian ini dilakukan dengan cara mengukur gelombang outputnya menggunakan osciloskop dan berikut ini adalah gambar gelombang keluarannya :



Gambar 4.12 Output RS232

Seperti terlihat pada gambar di atas bahwa besar tegangan dari output rangkaian ini adalah sebesar 8,8 *volt* sehingga masih mencakup pada level tegangan RS232 untuk itu dapat disimpulkan bahwa rangkaian ini berjalan dengan baik.

4.2 Pengujian Perangkat Lunak

4.2.1 Assembly MCS-51

Pada intinya program assembly ini digunakan untuk merubah data paralel ke serial agar dapat diterima oleh pemancar. Berikut ini adalah potongan program pengubah data paralel ke serial :

```
0rg 00h
Kirim_serial : mov a,p1
               mov sbuf,a
```

```
jnb ti,$
clr ti
sjmp Kirim_serial
end
```

maksud dari program di atas yaitu data masukkan yang berupa data paralel 8 bit masuk ke port 1 mikrokontroler kemudian menyimpannya ke dalam akumulator. Data di akumulator kemudian dikirim ke *sbuf* (*serial data buffer*) yang akan mengirimkan data karakter keluar melalui port serial. Jika sudah selesai dikirim maka nilai *ti* = 1. Untuk dapat mengirimkan data lagi maka ti harus di nol kan lagi, kemudian mengulang konversi.

4.2.2 Program Borland Delphi 7

Data yang telah diterima oleh komputer selanjutnya ditampilkan menggunakan program delphi 7. Karena data yang diterima adalah data serial maka dibutuhkan komponen tambahan pada program delphi yaitu menggunakan komponen *ComPort* yang harus diinstal terlebih dahulu ke dalam program delphi ini. Berikut adalah potongan program untuk menampilkan data suhu:

```
procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
data: string;
begin
ComPort1.Readstr(data,count);
edit1.Text:=data;
```

end;

end.

Maksud dari program diatas yaitu, saat komponen *ComPort* aktif maka data yang berasal dari rangkaian diterima menggunakan *procedure ComPortRxChar* lalu diubah kedalam format *string* (karakter) untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk visual. Pengujian perangkat lunak ini dilakukan dengan cara menghubungkan antara keluaran mikrokontroler dengan PC secara langsung untuk mengukur keluaran masing- masing sensor tanpa menggunakan modem FSK dan FM. Berikut ini adalah hasil tampilan dari program penampil data menggunakan *Delphi 7* :



Gambar 4.13 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 21^0 Celcius



Gambar 4.14 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 23^0 Celcius



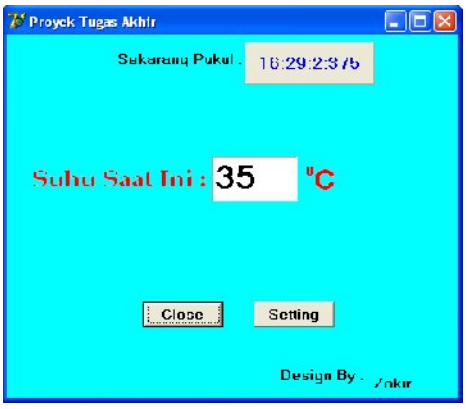
Gambar 4.15 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 25^0 Celcius



Gambar 4.16 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 27^0 Celcius



Gambar 4.17 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 30^0 Celcius



Gambar 4.18 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 35^0 Celcius



Gambar 4.19 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 40^0 Celcius



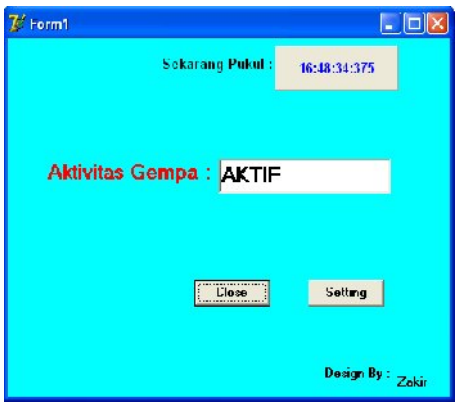
Gambar 4.20 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 46^0 Celcius



Gambar 4.21 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 50^0 Celcius



Gambar 4.22 Tampilan Program Saat Tak Ada Getaran Pada Sensor Getar



Gambar 4.23 Tampilan Program Saat Terjadi Getaran Kecil Pada Sensor Getar



Gambar 4.24 Tampilan Program Saat Terjadi Getaran Sedang Pada Sensor Getar



Gambar 4.25 Tampilan Program Saat Terjadi Getaran Besar Pada Sensor Getar

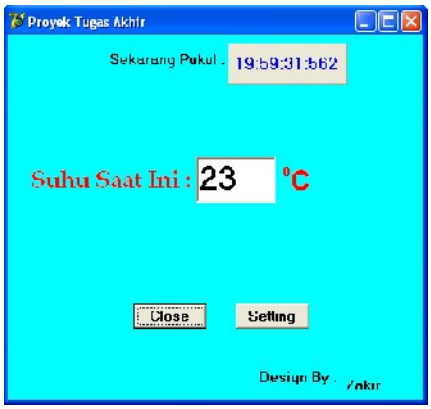
Dari hasil pengujian perangkat lunak ini dapat diketahui bahwa data yang tampil pada PC dapat diterima dengan baik tanpa ada cacat ataupun data yang hilang. Adapun untuk mengetahui perubahan dari sensor suhu maka penulis mengujinya dengan menggunakan solder dengan cara didekatkan sedikit demi sedikit pada sensor LM 35. Sedangkan untuk sensor getar yaitu dengan cara digerakkan secara perlahan-lahan mulai dari intensitas kecil sampai besar menggunakan tangan.

4.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

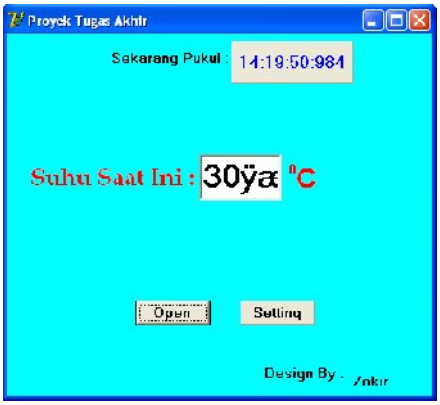
Pada pengujian ini yang dilakukan adalah menguji hasil tampilan data pada PC setelah semua rangkaian dihubungkan dan dilihat hasil akhirnya. Pengujian ini sangat penting karena dengan pengujian ini kita dapat melihat apakah sistem yang kita buat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang kita harapkan atau tidak. Berikut ini adalah tampilan data pada program Borland Delphi setelah semua rangkaian dihubungkan :



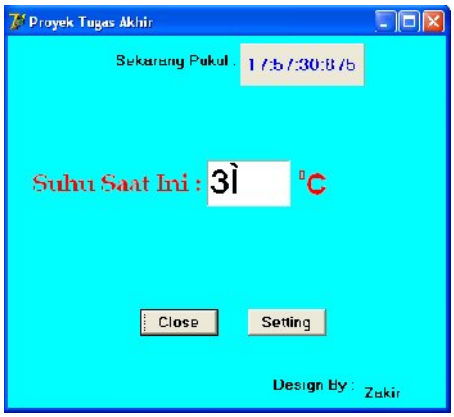
Gambar 4.26 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 21^0 Celcius



Gambar 4.27 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 23^0 Celcius



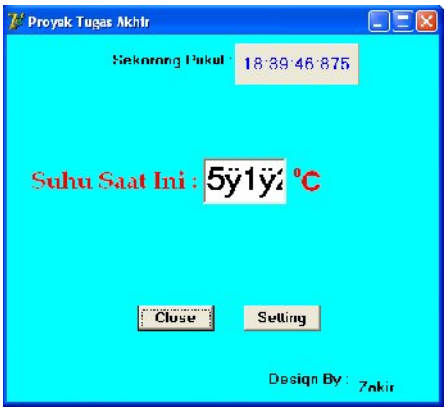
Gambar 4.28 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 30^0 Celcius



Gambar 4.29 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 31^0 Celcius



Gambar 4.30 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 45^0 Celcius



Gambar 4.31 Tampilan Program Pada Saat Suhu Sebesar 50^0 Celcius



Gambar 4. 32 Tampilan Program Saat Terjadi Getaran Pada Sensor Getar



Gambar 4.33 Tampilan Program Saat Tidak Ada Getaran Pada Sensor Getar

Pada hasil akhir pengujian ini ternyata data yang tampil pada PC mengalami cacat atau data yang tampil bercampur dengan karakter lain secara

acak. Selain itu data yang bisa ditangkap oleh penerima setelah menggunakan pemancar FM adalah hanya sampai jarak sekitar 1 meter. Timbulnya data yang cacat ini dapat disebabkan banyak faktor seperti kualitas pemancar FM yang kurang baik sehingga rentan terhadap noise, faktor pengkabelan yang kurang tepat ataupun penyolderan yang terlalu lama sehingga menurunkan kualitas komponen. Selain itu dapat juga disebabkan karena *interferensi* pada saat data dipancarkan lewat udara karena gelombang radio rentan terhadap noise dan pengaruh dari luar.