BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan diuraikan tentang proses pengujian sistem yang meliputi pengukuran parameter-parameter dari setiap komponen dalam setiap blok sistem maupun sistem secara keseluruhannya dan melakukan uji coba terhadap alat yang dibuat yang diharapkan dapat berjalan sesuai dengan perancangan pada bab sebelumnya.

Pengujian dan analisis terhadap sistem yang dibangun ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari setiap komponen masukan, komponen pemroses, dan komponen keluaran dari sistem apakah telah sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan ataukah belum. Pengujian akan dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu pengujian secara parsial dan pengujian secara keseluruhan.

5.1 Pengujian Parsial terhadap Komponen Penyusun Alat

Pengujian secara parsial ini digunakan untuk mengetahui unjuk kerja dari setiap masing-masing komponen penyusun alat. Terdapat beberapa blok sistem penyusun alat yang akan diuji, yaitu :

1. rangkaian pengganda tegangan,
2. rangkaian pembalik (pesimetris) tegangan,
3. rangkaian *attenuator* sinyal,
4. rangkaian penggeser nilai *offset* sinyal,
5. rangkaian *op-amp* dengan penguatan 1x,
6. rangkaian *op-amp* dengan penguatan 10x, dan
7. rangkaian sistem mikrokontroler PIC18F4550.

5.1.1 Rangkaian Pengganda Tegangan

Rangkaian pengganda tegangan ini digunakan untuk mencatu rangkaian *op-amp*, karena rangkaian *op-amp* hanya dapat bekerja dengan baik apabila tegangan keluaran dari rangkaian *op-amp* itu berkisar 60% - 75% dari tegangan yang digunakan untuk mencatu *op-amp*-nya, karena tegangan sumber utama berasal dari *port* USB maka tegangan yang didapat hanya sebesar 5 Volt, besar tegangan tersebut hanya dapat menghasilkan sinyal keluaran *op*-amp maksimal sebesar ± 3 – 3,8 Vpp. Apabila sinyal keluaran yang dihasilkan dari rangkaian *op-amp* hanya berkisar di rentang 0 hingga tengangan tersebut maka sinyal yang dapat dibaca oleh perangkat ini kurang maksimal oleh karena itu rangkaian pengganda tegangan sangat diperlukan dalam sistem ini, agar didapatkan suatu sistem minimum yang dapat bekerja secara maksimum.

Pengujian rangkaian pengganda tegangan ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan masukan rangkaian pengganda dan mengukur tegangan keluaran hasil dari rangkaian pengganda. Pada pengujian ini didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.1 Data Pengujian Rangkaian Pengganda Tegangan

Pengujian	Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran	% Efisiensi Tegangan Keluaran
1	3.8 V	5.01 V	± 66 %
2	4.8 V	6.27 V	± 65 %
3	5.2 V	6.93 V	± 66 %
4	5.5 V	7.18 V	± 65 %
5	6.0 V	7.73 V	± 64 %

Dari hasil pengambilan data pada Tabel 5.1 maka didapatkan bahwa rata-rata tingkat efisiensi rangkaian pengganda tersebut sekitar 65,2 % sehingga

walaupun sumber catu daya utamanya berasal dari *port* USB yang memiliki tegangan ± 5 Volt, dengan nilai rata-rata efisiensi hasil tegangan yang dikeluarkan tersebut sudah cukup untuk mencatu rangkaian *op-amp* agar didapatkan tegangan sinyal keluaran yang maksimum.

5.1.2 Rangkaian Pembalik (Pesimetris) Tegangan

Rangkaian pembalik tegangan digunakan untuk membalikan tegangan hasil pengganda tegangan sehingga didapatkan tegangan yang simetris. Hal ini dimaksudkan karena ic *op-amp* jenis LF-353 bekerja dengan menggunakan catu daya simetris yang artinya terdapat tengangan dengan potensial positif (+) dan tegangan dengan potensial negatif (-) selain tegangan referensi (*ground*).

Tujuan dari pengujian rangkaian ini adalah untuk mengetahui toleransi perbedaan antara tegangan potensial positif dengan tegangan potensial negatif yang nantinya akan dijadikan sebagai tegangan catu untuk rangkaian *op-amp*. Juga untuk mengetahui apakah dengan tegangan yang dihasilkan rangkaian pembalik tegangan ini sudah dapat mencatu rangkaian *op-amp* ataukah tidak.

Pengujian rangkaian pembalik tegangan ini pun dilakukan dengan cara mengukur tegangan masukan rangkaian pembalik tegangan dan mengukur tegangan hasil keluaran dari rangkaian pengganda. Pada pengujian ini didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.2 Data Pengujian Rangkaian Pembalik Tegangan

Pengujian	Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran	Besar Perbedaan Tegangan Absolut
1	5.01 V	- 4.57 V	0.44 V
2	6.27 V	- 5.83 V	0.44 V
3	6.93 V	- 6.48 V	0.45 V
4	7.18 V	- 6.74 V	0.44 V
5	7.73 V	- 7.29 V	0.44 V

Dari hasil pengambilan data pada Tabel 5.2 dapat disimpulkan bahwa tegangan yang dibalikan tidak begitu simetris atau dengan kata lain tidak identik antara besar tegangan potensial positif (+) dengan besar tegangan potensial negatif (-) hal ini dikarenakan tegangan yang dibalikan pada rangkaian pembalik tegangan ini terpengaruh oleh tegangan jatuh dari IC ICL7660 itu sendiri, dimana tegangan jatuh dari IC tersebut sekitar 0,44 Volt sehingga pada tegangan hasil keluarannya berkurang sebesar 0,44 Volt dari tegangan masukannya.

5.1.3 Rangkaian *Attenuator* Sinyal

Rangkaian *attenuator* adalah rangkaian yang berfungsi untuk memproteksi sistem dari tegangan lebih pada sisi masukannya agar tidak merusak rangkaian *op-amp* dan peranti ADC pada mikrokontroler. Rangkaian *attenuator* ini didesain memiliki impedansi yang tinggi sekitar 1 Mohm yang juga berfungsi untuk melawan arus lebih pada sisi masukan.

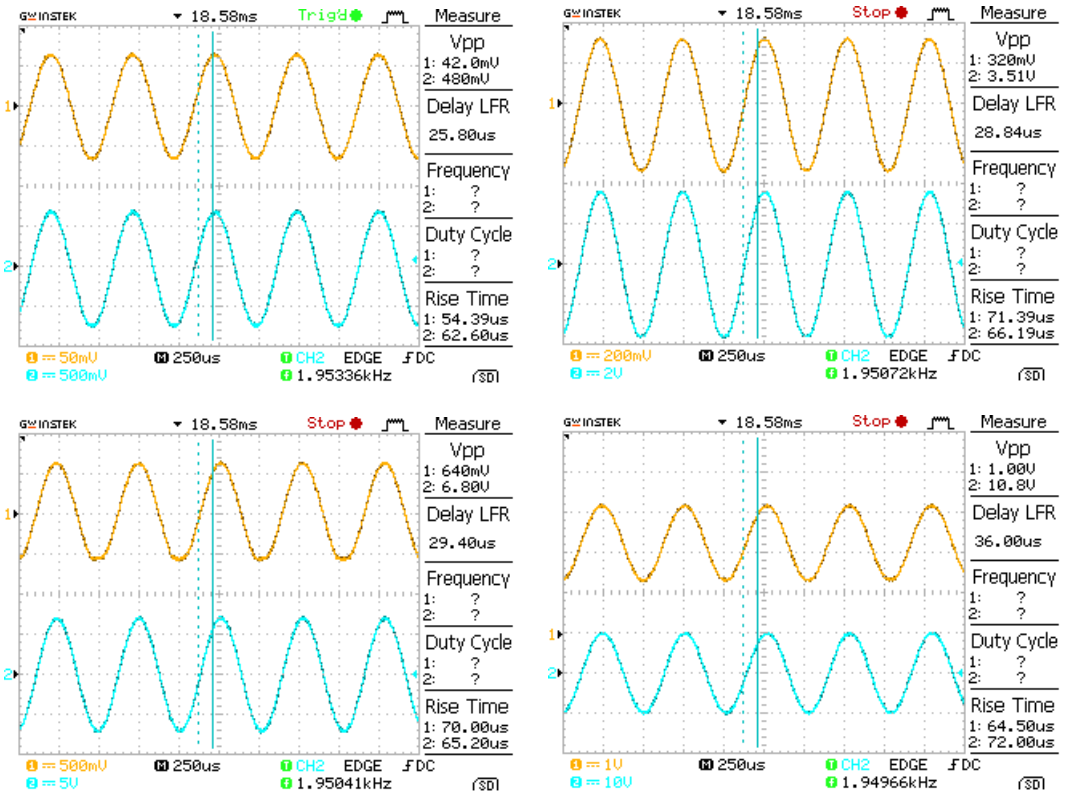
Pengujian rangakaian *attenuator* ini merupakan pengujian yang paling diperhatikan dalam sistem ini, karena sinyal masukan yang akan diukur tidak boleh melebihi batas kemampuan setiap komponen yang ada pada sistem. Pada prinsipnya rangkaian *attenuator* ini bekerja seperti rangkaian resistor pembagi

tegangan, dimana tegangan yang masuk akan dilemahkan dengan faktor pelemahan 10:1. Pelemahan sinyal tersebut dimaksudkan untuk meyakinkan setiap amplitudo sinyal yang masuk tidak melebihi batas kemampuan peranti ADC pada mikrokontroler.

Metode yang digunakan untuk menguji rangkaian *attenuator* ini adalah dengan cara melewatkan sinyal dengan amplitudo yang cukup tinggi dan kemudian diukur pada titik keluaran dari rangkaian *attenutor* tersebut, sehingga data hasil pengujian tersebut terlampir pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Data Pengujian Rangkaian *Attenuator*

Pengujian	Amplitudo Masukan (Vp-p)	Amplitudo Keluaran (Vp-p)	Persentase Galat (%)
1	120 mV	11.1 mV	7.5 %
2	480 mV	48.0 mV	0 %
3	1.03 V	92.0 mV	10.6 %
4	1.48 V	128 mV	13.5 %
5	3.11 V	280 mV	9.9 %
6	3.51 V	320 mV	8.8 %
7	6.80 V	640 mV	5.8 %
8	9.39 V	860 mV	8.4 %
9	9.60 V	920 mV	4.1 %
10	10.8 V	1.00 V	7.4 %



Gambar 5.1 Hasil Pengujian Rangkaian *Attenuator* Sinyal

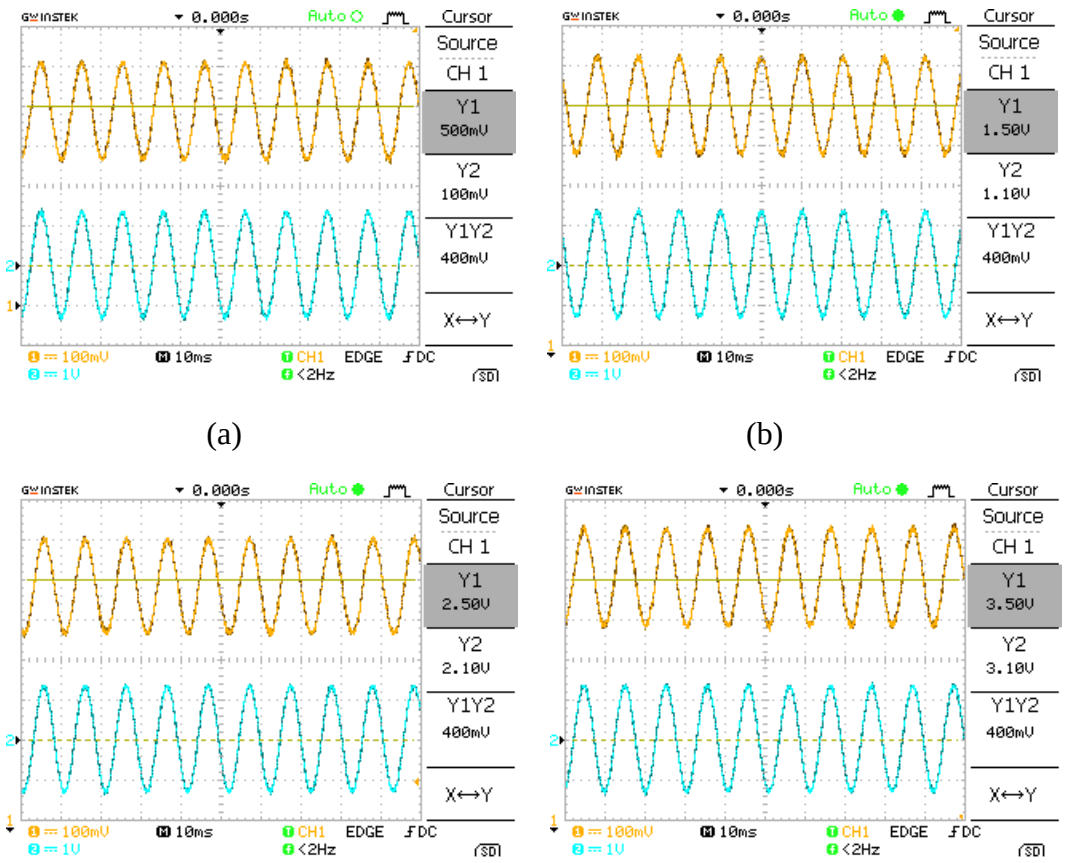
Dari data hasil pengujian rangkaian *attenuator* seperti yang tercantum pada Tabel 5.3 dapat terlihat bahwa rata-rata nilai galat yang dihasilkan oleh rangkaian tersebut sekitar 7.6 % dari besar amplitudo yang seharusnya. Hal ini dimungkinkan karena nilai toleransi dari komponen resistor yang digunakan tidak murni 1 % dari nilai yang seharusnya, sehingga mengakibatkan perbedaan nilai yang dihasilkan oleh rangkaian tersebut.

5.1.4 Rangkaian Penggeser Nilai *Offset* Sinyal

Rangkaian penggeser nilai *offset* sinyal bertugas untuk menggeser nilai referensi *offset* sinyal ke atas titik ground sistem, sehingga puncak positif (sinyal di atas titik *ground*) dan puncak negatif (sinyal di bawah titik *ground*) sinyal tetap

berada diantara rentang 0 – 5 Volt agar dapat tetap terbaca oleh peranti ADC pada mikrokontroler.

Pengujian rangkaian penggeser nilai *offset* ini dilakukan dengan cara memberi sinyal masukan terhadap rangkaian penggeser nilai *offset* kemudian mengukur nilai pergeseran dan menganalisis bentuk sinyal keluaran dari rangkaian tersebut sehingga seharusnya bentuk sinyal keluaran adalah sama dengan sinyal masukannya hanya saja *offset* tegangannya yang berubah. Dari hasil pengujian rangkaian penggeser nilai *offset* ini maka didapatkan data hasil percobaan seperti pada Gambar 5.2.



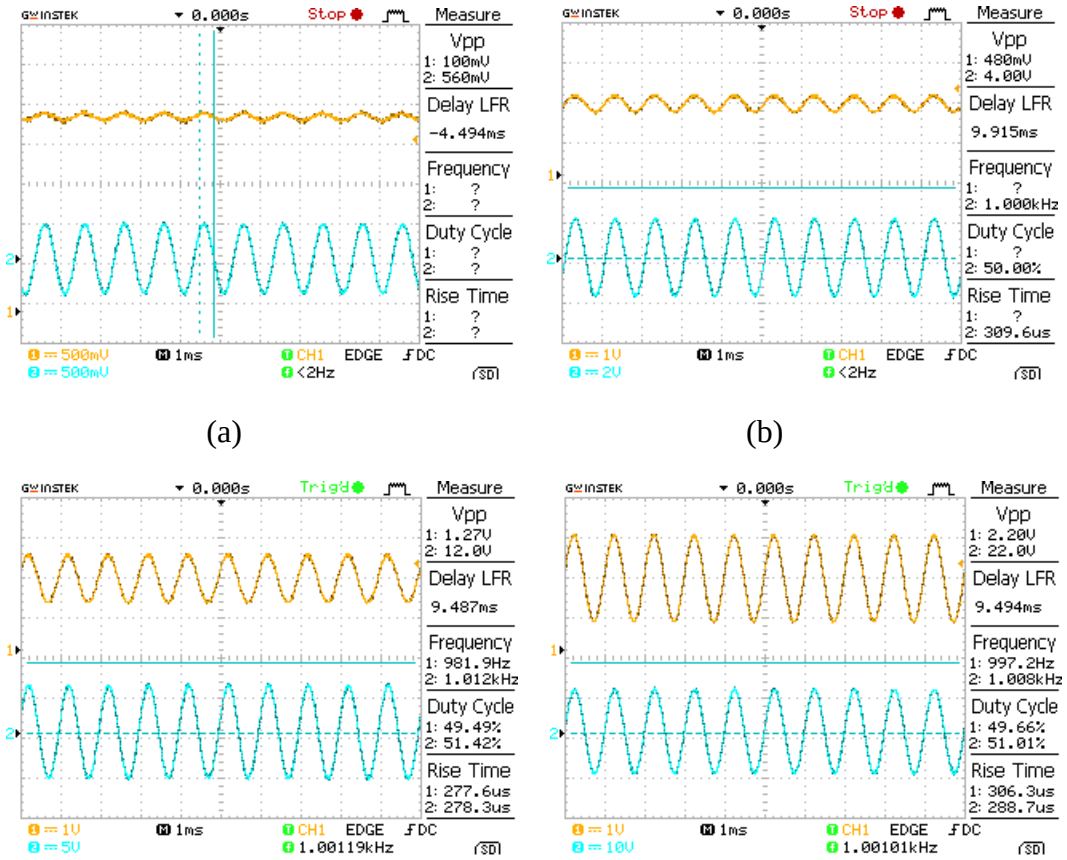
Gambar 5.2 (a) Penggeseran Nilai *Offset* Sejauh 500 mV, (b) Penggeseran Nilai *Offset* Sejauh 1.50 V, (c) Penggeseran Nilai *Offset* Sejauh 2.50 V, (d) Penggeseran Nilai *Offset* Sejauh 3.50 V.

Dari hasil percobaan tersebut dapat terlihat bahwa rangkaian penggeser nilai *offset* sinyal dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu menggeser sinyal sejauh nilai *offset* yang diinginkannya dan tidak merubah sinyal hasil keluaran rangkaian yang artinya sinyal masukan rangkaian sama dengan sinyal keluaran dari rangkaian penggeser nilai *offset* sinyal tersebut yang dimana hal tersebut sesuai dengan yang diharapkan dari perancangan rangkaian penggeser nilai *offset* sinyal.

5.1.5 Rangkaian *Op-Amp* dengan Penguatan 1x

Rangkaian *op-amp* dengan penguatan 1x pada sistem ini digunakan untuk menguatkan sinyal yang telah dilemahkan oleh rangkaian *attenuator* sehingga sinyal yang keluar dari rangkaian *op-amp* ini sebisa mungkin dapat terbaca oleh peranti ADC didalam mikrokontroler.

Rangkaian *op-amp* dengan nilai penguatan 1x ini bertujuan sebagai rangkaian *buffer* sinyal yang telah dilemahkan dengan faktor pelemahan 10:1 pada rangkaian *attenuator* yang kemudian akan masuk dan di-s*ampling* oleh peranti ADC didalam mikrokontroler. Sinyal yang di-s*ampling* oleh peranti ADC yang melalui rangkaian penguat 1x ini adalah sinyal yang beramplitudo besar, sehingga tidak merusak peranti ADC pada mikrokontroler. Berikut merupakan data hasil pengamatan sinyal yang telah melalui rangkaian penguat 1x.



Gambar 5.3 (a) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 500 mVpp, (b) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 4 Vpp, (c) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 12 Vpp, (d) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 22 Vpp

Tabel 5.4 Data Pengukuran Amplitudo Sinyal Keluaran Rangkaian *Op-Amp* dengan Penguatan 1x

Percobaan	Frekuensi Sinyal	Amplitudo Masukan (Vp-p)	Amplitudo Keluaran (Vp-p)
1	1 kHz	240 mV	40 mV
2	1 kHz	500 mV	100 mV
3	1 kHz	2.11 V	320 mV
4	1 kHz	4.00 V	400 mV
5	1 kHz	6.00 V	680 mV
6	1 kHz	8.00 V	880 mV
7	1 kHz	12.0 V	1.27 V
8	1 kHz	15.1 V	1.60 V
9	1 kHz	19.0 V	1.91 V
10	1 kHz	22.0 V	2.24 V

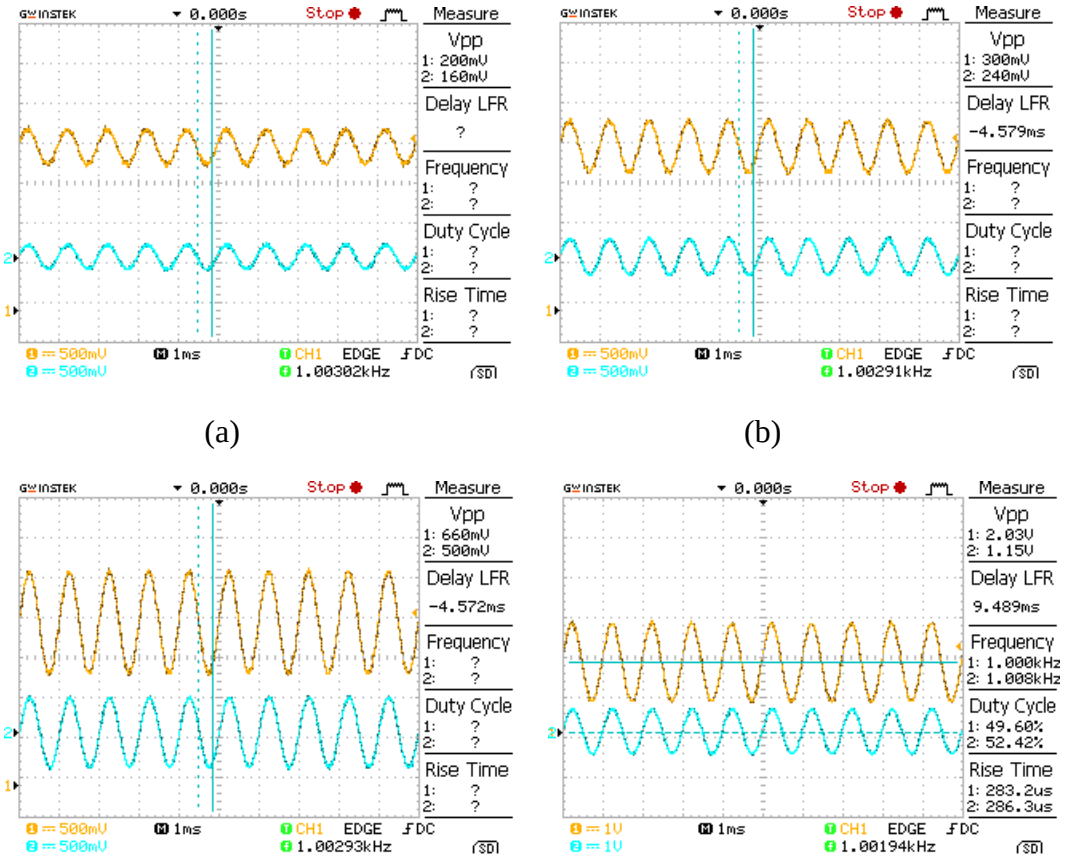
Dari Tabel 5.4 dapat terlihat bahwa rangkaian *op-amp* dengan penguatan 1x ini melewatkan sinyal hasil pelemahan dari rangkaian *attenuator* langsung kepada peranti ADC mikrokontroler karena seperti pada percobaan ke-7 dimana amplitudo sinyal masukan sebesar 12.0 Volt dan kemudian dikuatkan sebesar 1x penguatan sehingga didapatkan tegangan yang dilemahkan sebesar 10x oleh rangkaian *attenuator* yaitu sebesar 1.27 Volt dimana besar amplitudo tersebut mendekati dengan besar amplitudo masukan dibagi dengan 10 yang hasilnya berkisar diantara 1.20 Volt sedangkan hasil keluaran dari rangkaian penguat 1x ini menghasilkan sinyal dengan amplitudo sebsar 1.27 Volt dimana besar amplitudo tersebut mendekati besar amplitudo sinyal masukan untuk rangkaian penguat 1x ini. Hal tersebut juga dapat terlihat dengan jelas ketika amplitudo sinyal masukan lebih diperbesar lagi, seperti halnya pada percobaan ke-8, ke-9, dan ke-10 dimana sinyal yang masuk pada rangkaian *attenuator* dan penguat 1x akan menghasilkan amplitudo sinyal 1/10 dari sinyal masukannya.

5.1.6 Rangkaian *Op-Amp* dengan Penguatan 10x

Rangkaian *op-amp* dengan penguatan 10x pada sistem ini digunakan untuk menguatkan kembali sinyal yang telah dilemahkan oleh rangkaian *attenuator* dengan faktor pelemahan sekitar 10:1, sehingga sinyal keluaran dari rangkaian penguat ini sama besar dengan sinyal yang masuk ke rangkaian *attenuator*.

Rangkaian *op-amp* dengan nilai penguatan 10x ini bertugas untuk mengembalikan sinyal menjadi suatu sinyal yang sama besarnya seperti sebelum dilemahkan oleh rangkaian *attenuator* sinyal. Sehingga rangkaian ini disebut juga

sebagai rangkaian pengembali besar sinyal masukan. Rangkaian penguatan 10x ini digunakan untuk menganalisis sinyal-sinyal masukan yang memiliki amplitudo kecil yang *range* amplitudonya tidak melebihi batas kemampuan tegangan yang dapat dibaca oleh peranti ADC pada mikrokontroler. Berikut merupakan data hasil pengamatan sinyal yang telah melalui rangkaian penguat 10x.



Gambar 5.4 (a) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 160 mVpp, (b) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 240 mVpp, (c) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 500 mVpp, (d) Pengujian Sinyal dengan Amplitudo 1.15 Vpp

Tabel 5.5 Data Pengukuran Amplitudo Sinyal Keluaran Rangkaian *Op-Amp* dengan Penguatan 10x

Percobaan	Frekuensi Sinyal	Amplitudo Masukan (Vp-p)	Amplitudo Keluaran (Vp-p)
1	1 kHz	160 mV	200 mV
2	1 kHz	240 mV	300 mV
3	1 kHz	500 mV	660 mV
4	1 kHz	1.15 V	2.03 V
5	1 kHz	1.63 V	2.83 V
6	1 kHz	2.11 V	3.68 V
7	1 kHz	4.00 V	4.36 V
8	1 kHz	6.00 V	4.36 V
9	1 kHz	8.00 V	4.36 V
10	1 kHz	10.0 V	4.36 V

Dari Tabel 5.5 di atas dapat terlihat bahwa rangkaian *op-amp* dengan nilai penguatan 10x ini berfungsi untuk mengembalikan sinyal hasil pelemahan dari rangkaian *attenuator* menjadi sinyal yang sama besar dengan sinyal masukan sebelum rangkaian *attenuator* yang selanjutnya akan masuk ke peranti ADC mikrokontroler. Sebagai contoh pada percobaan ke-1 besar amplitudo sinyal masukan adalah sebesar 160 mVpp kemudian sinyal tersebut akan melalui rangkaian *attenuator* sehingga sinyal akan melemah menjadi sekitar 16 mVpp, setelah melalui rangkaian *attenuator* selanjutnya sinyal akan bergerak masuk melalui rangkaian *buffer* sinyal (rangkaian penguat 1x) yang akhirnya sinyal tersebut akan masuk ke rangkaian *amplifier* dengan nilai penguatan 10x sehingga didapatkan amplituo sinyal sebesar 200 mVpp.

Besar amplitudo hasil keluaran rangkaian *amplifire* tersebut mendekati besar amplitudo sinyal masukannya, hanya saja terjadi penguatan berlebih sekitar 25 % - 32 % dari sinyal aslinya, sehingga menyebabkan penguatan sinyal yang tidak linier terhadap sinyal masukannya. Hal tersebut kemungkinan terjadi akibat

nilai toleransi resistor yang tidak murni 1 % seperti yang seharusnya, dan juga terpengaruhi oleh resolusi komponen *potensiometer* yang digunakan sehingga kenaikan nilai hambatan yang dihasilkan oleh *potensiometer* terlalu besar untuk setiap perubahan perputarannya.

5.1.7 Pengujian Sistem Mikrokontroler PIC18F4550

Pengujian sistem mikrokontroler PIC18F4550 ini bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter serta karakterisitik dari sistem mikrokontroler apabila ditanamkan suatu program terhadap mikrokontroler tersebut. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan catu daya sebesar 5 VDC terhadap sistem mikrokontroler melalui pin 7 & 28 untuk Vcc dan pin 6 & 29 untuk Vss/Gnd.

Program yang ditanamkan kedalam mikrokontroler PIC18F4550 adalah sebuah program sederhana untuk menyalakan dan memadamkan lampu LED dengan menggunakan bahasa C. Berikut contoh program yang ditanamkannya.

```
#include <p18F4550.h>

/**
 * Processor fusebit configuration for the Portable Digital Oscilloscope Board
Rev.1
 */
#pragma config PLLDIV       = 5         // using 20MHz external oscillator
#pragma config CPUDIV       = OSC1_PLL2
#pragma config USBDIV       = 2         // clock source from 96MHz PLL/2 for 48MHz
#pragma config FOSC         = HSPLL_HS
#pragma config FCMEN        = OFF
#pragma config IESO         = OFF
#pragma config PWRT         = OFF
#pragma config BOR          = ON
#pragma config BORV         = 3
#pragma config VREGEN       = ON
#pragma config WDT          = OFF
#pragma config WDTPS        = 32768
#pragma config MCLRE        = ON
#pragma config LPT1OSC      = OFF
#pragma config PBADEN       = OFF
//#pragma config CCP2MX       = ON
#pragma config STVREN       = ON
#pragma config LVP          = OFF
//#pragma config ICPRT        = OFF
#pragma config XINST        = OFF
#pragma config CP0          = OFF
#pragma config CP1          = OFF
//#pragma config CP2          = OFF
//#pragma config CP3          = OFF
```

```
#pragma config CPB          = OFF
//#pragma config CPD          = OFF
#pragma config WRT0         = OFF
#pragma config WRT1         = OFF
//#pragma config WRT2         = OFF
//#pragma config WRT3         = OFF
#pragma config WRTB         = OFF
#pragma config WRTC         = OFF
//#pragma config WRTD         = OFF
#pragma config EBTR0        = OFF
#pragma config EBTR1        = OFF
//pragma config EBTR2         = OFF
//pragma config EBTR3         = OFF
#pragma config EBTRB        = OFF

void main (void)
{
     TRISBbits.TRISB0 = 0;     // Menginisialisasi PORT B0 sebagai port output
     TRISBbits.TRISB1 = 0;     // Menginisialisasi PORT B1 sebagai port output
     LATBbits.LATB0   = 1;     // Membuat PORT B0 berlogika 1 (LED mati)
     LATBbits.LATB1   = 0;     // Membuat PORT B1 berlogika 0 (LED mati)

     // Menghidupkan LED
     LATBbits.LATB0   = 0;     // Membuat PORT B0 berlogika 0 (LED hidup)
     LATBbits.LATB1   = 1;     // Membuat PORT B1 berlogika 1 (LED hidup)
}
```

Listing Program 5.1 Menghidupkan LED Pada Pin B0 Mikrokontroler

Pada *Listing* Program 5.1 diatas bertujuan untuk menghidupkan sebuah lamput LED yang terpasang di *port* B0 pada mikrokontroler PIC18F4550. LED yang dipasang adalah *common* anoda yang artinya kaki pin anoda dari LED langsung terhubung kepada Vcc dan kaki pin katoda LED terhubung ke pin B0 mikrokontroler yang telah melalui sebuah resistor yang dipasang seri. Dengan konfigurasi tersebut maka LED baru akan menyala ketika mendapatkan logika *low* (0) dari mikrokontroler dan akan mati ketika mendapatkan logika *high* (1) dari mikrokontroler. Pada awal mula program dijalankan mikrokontroler mengkonfigurasikan *register* pin B0 sebagai port *output*, kemudian pada baris keempat program membuat pin B0 berlogika *high* (1) sehingga keadaan awal LED akan mati terlebih dahulu. Pada baris terakhir pada program membuat pin B0 berlogika *low* (0) sehingga membuat LED menyala. Pada program tersebut pin B1 pun diprogram untuk mengeluarkan logika yang berlawanan dengan logika

yang terjadi di pin B0 hal tersebut untuk menguji besar tegangan akhir untuk logika *high* dan logika *low* yang dihasilkan oleh mikrokontroler.

Dari hasil percobaan yang dilakukan, level tegangan untuk logika *high* (1) yang dihasilkan pada pin mikrokontroler adalah sebesar 4.88 V dan level tegangan untuk logika *low* (0) yang dihasilkan pada pin mikrokontroler adalah sebesar 0.19 Volt. Dengan begitu dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian sistem mikrokontroler PIC18F4550 ini dapat bekerja dengan baik dan dapat melakukan tugas sesuai dengan program yang ditanamkannya.

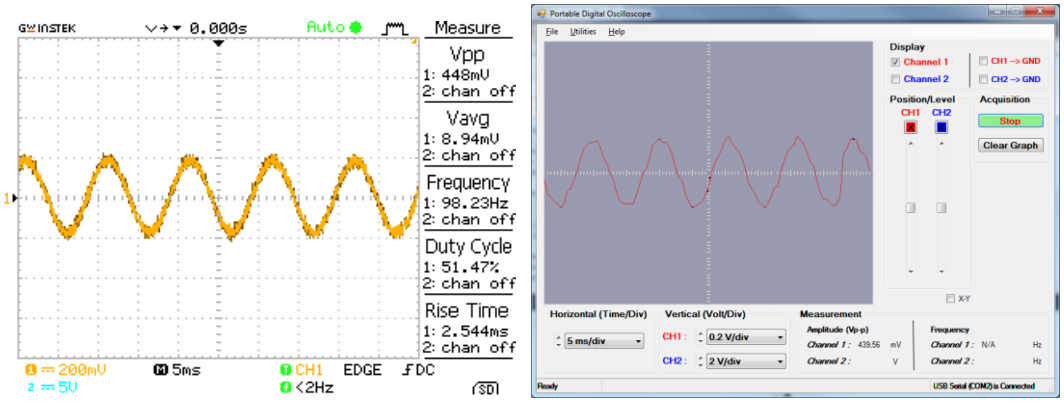
5.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja sistem secara umum. Pengujian dilakukan dengan cara memberi sinyal masukan terhadap sistem dengan berbagai bentuk sinyal, beragam nilai frekuensi dan beragam nilai amplitudo sinyal yang dibangkitkan oleh *function generator*. Kemudian hasil pembacaan sistem ini dibandingkan dengan alat ukur osiloskop yang sudah ada untuk melihat kesesuaian pembacaannya.

5.2.1 Pengujian Gelombang Sinus

Untuk pengujian gelombang sinus ini diambil beberapa amplitudo sinyal yang mewakili rentang amplitudo rendah, menengah dan tinggi. Untuk mewakili amplitudo rendah menggunakan nilai 500 mVp-p, untuk mewakili amplitudo menengah menggunakan nilai 5.0 Vp-p, dan untuk mewakili amplitudo tinggi menggunakan nilai 15 Vp-p. Sedangkan batas-batas frekuensi yang akan digunakan berada di rentang 1 Hz hingga 100 Hz dalam percobaan ini.

5.2.1.1 Hasil Pengujian Gelombang Sinus dengan Amplitudo 500 mVp-p



(a) (b)

Gambar 5.5 (a) Pengukuran Amplitudo 500 mVp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 500 mVp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.5 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal sinus dengan frekuensi 100 Hz menggunakan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 448 mV, sedangkan pada Gambar 5.5 (b) adalah hasil pengukuran sinyal sinus menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 439,56 mV.

Persentase faktor kesalahan (galat) yang terjadi dari hasil pengukuran menggunakan sistem perangkat yang dibuat dengan membandingkan dengan hasil pengukuran oleh osiloskop yang ada dapat dihitung menggunakan Persamaan (5.1).

$$\%FK = \left|\left(\frac{A_{osiloskop} - A_{sistem\ perangkat}}{A_{osiloskop}}\right).100\%\right| \quad (5.1)$$

Keterangan :

$\%FK$ adalah persentase faktor kesalahan, dimana hasilnya merupakan nilai harga mutlak.

$A_{osiloskop}$ adalah nilai amplitudo sinyal hasil pembacaan oleh alat ukur osiloskop yang ada.

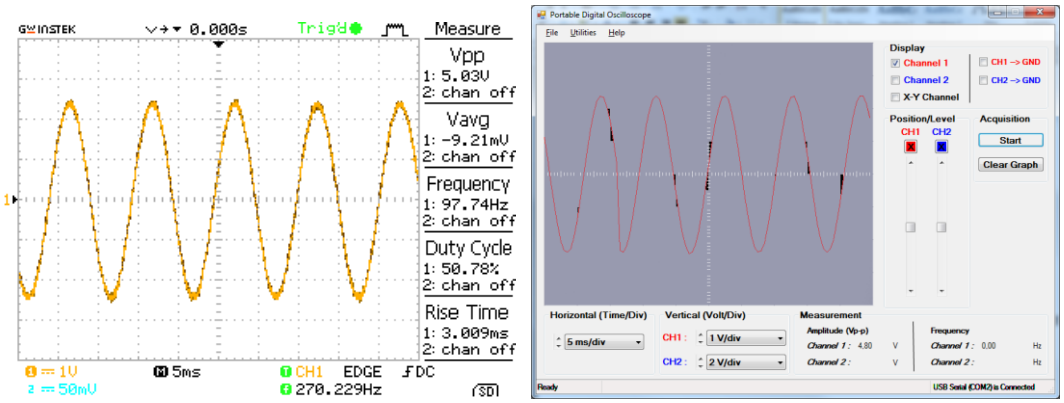
$A_{sistem\ perangkat}$ adalah nilai amplitudo sinyal hasil pembacaan oleh sistem perangkat yang dibuat.

Sehingga persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 500 mVp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{448\ mV - 439{,}56\ mV}{448\ mV}\right).100\%\right| = 1{,}88\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai $\%FK$ sebesar 1,88 %.

5.2.1.2 Hasil Pengujian Gelombang Sinus dengan Amplitudo 5 Vp-p



(a) (b)

Gambar 5.6 (a) Pengukuran Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

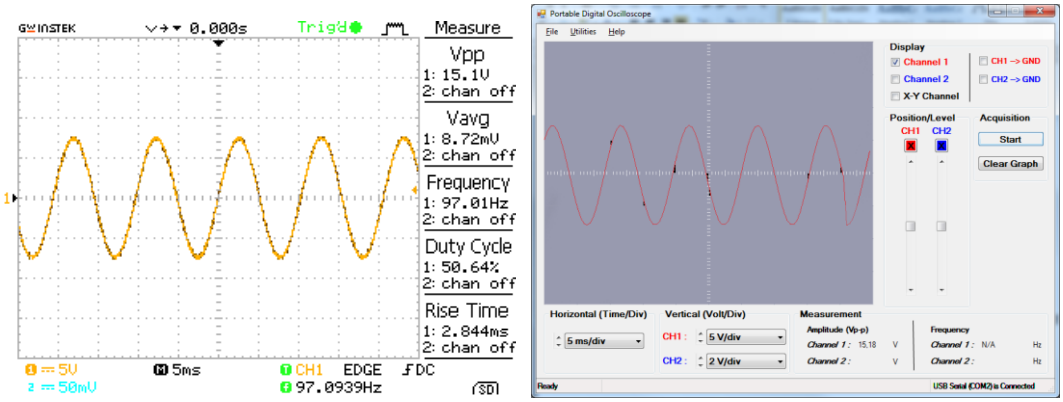
Gambar 5.6 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal sinus dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 5,03 V, sedangkan pada Gambar 5.6 (b) adalah hasil pengukuran sinyal sinus menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 4,80 V.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 5 Vp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{5{,}03\ V - 4{,}80\ V}{5{,}03\ V}\right).100\%\right| = 4{,}57\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 4,57 %.

5.2.1.3 Hasil Pengujian Gelombang Sinus dengan Amplitudo 15 Vp-p



(a) (b)

Gambar 5.7 (a) Pengukuran Amplitudo 15 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 15 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.7 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal sinus dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 15,1 V, sedangkan pada Gambar 5.7 (b) adalah hasil pengukuran sinyal sinus menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 15,18 V.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 15 Vp-p adalah :

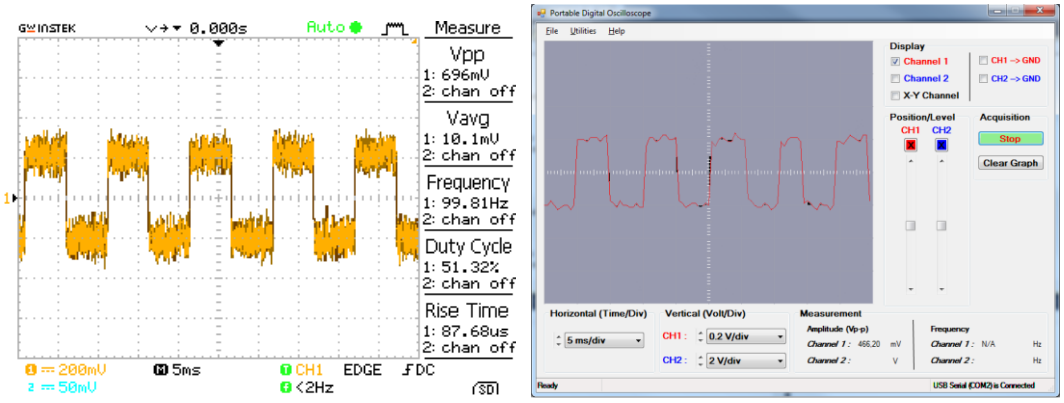
$$\%FK = \left|\left(\frac{15{,}10\,V - 15{,}18\,V}{15{,}10\,V}\right).100\%\right| = 0{,}53\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 0,53 %.

5.2.2 Pengujian Gelombang Kotak

Untuk pengujian gelombang kotak ini diambil beberapa amplitudo sinyal yang mewakili rentang amplitudo rendah, menengah dan tinggi. Untuk mewakili amplitudo rendah menggunakan nilai 500 mVp-p, untuk mewakili amplitudo menengah menggunakan nilai 5.0 Vp-p, dan untuk mewakili amplitudo tinggi menggunakan nilai 15 Vp-p. Sedangkan batas-batas frekuensi yang akan digunakan berada di rentang 1 Hz hingga 100 Hz dalam percobaan ini.

5.2.2.1 Hasil Pengujian Gelombang Kotak dengan Amplitudo 500 mVp-p



(a) (b)

Gambar 5.8 (a) Pengukuran Amplitudo 500 mVp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 500 mVp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.8 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang kotak dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 696 mV, sedangkan pada Gambar 5.8 (b)

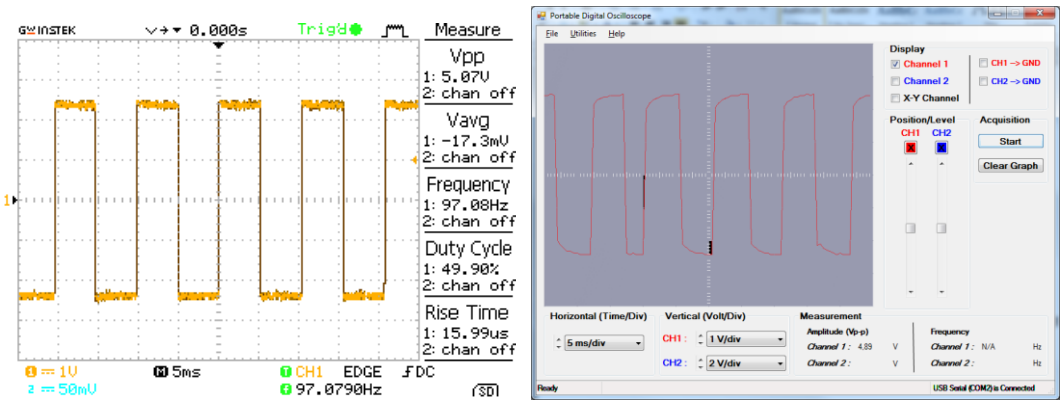
adalah hasil pengukuran sinyal gelombang kotak menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 466,20 mV.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 500 mVp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{696\ mV - 466{,}20\ mV}{696\ mV}\right).100\%\right| = 33{,}01\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 33,01%.

5.2.2.2 Hasil Pengujian Gelombang Kotak dengan Amplitudo 5 Vp-p



(a) (b)

Gambar 5.9 (a) Pengukuran Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

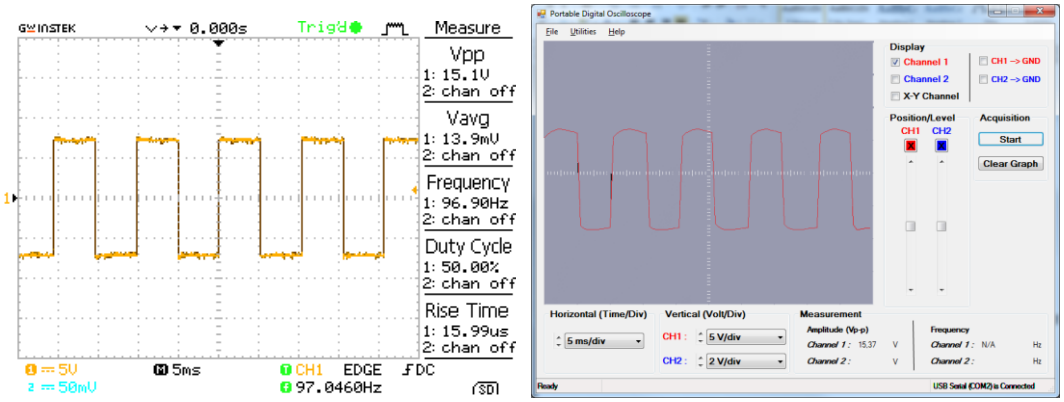
Gambar 5.9 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang kotak dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 5,07 V, sedangkan pada Gambar 5.9 (b) adalah hasil pengukuran sinyal gelombang kotak menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 4,89 V.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 5 Vp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{5{,}07\ V - 4{,}89\ V}{5{,}07\ V}\right).100\%\right| = 3{,}55\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 3,55 %.

5.2.2.3 Hasil Pengujian Gelombang Kotak dengan Amplitudo 15 Vp-p



(a) (b)

Gambar 5.10 (a) Pengukuran Amplitudo 15 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 15 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.10 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang kotak dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 15,1 V, sedangkan pada Gambar 5.10 (b) adalah hasil pengukuran sinyal gelombang kotak menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 15,37 V.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 15 Vp-p adalah :

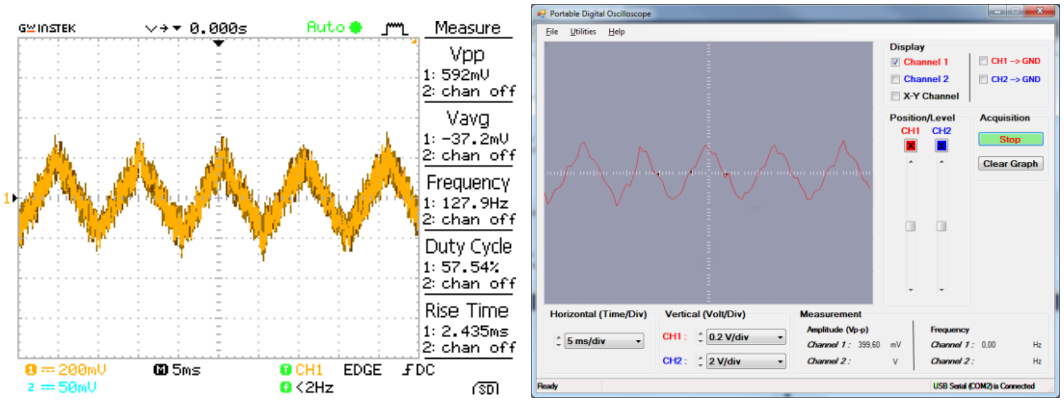
$$\%FK = \left|\left(\frac{15{,}10\,V - 15{,}37\,V}{15{,}10\,V}\right).100\%\right| = 1{,}78\,\%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai $\%FK$ sebesar 1,78 %.

5.2.3 Pengujian Gelombang Segitiga

Untuk pengujian gelombang segitiga ini diambil beberapa amplitudo sinyal yang mewakili rentang amplitudo rendah, menengah dan tinggi. Untuk mewakili amplitudo rendah menggunakan nilai 500 mVp-p, untuk mewakili amplitudo menengah menggunakan nilai 5.0 Vp-p, dan untuk mewakili amplitudo tinggi menggunakan nilai 15 Vp-p. Sedangkan batas-batas frekuensi yang akan digunakan berada di rentang 1 Hz hingga 100 Hz dalam percobaan ini.

5.2.3.1 Hasil Pengujian Gelombang Segitiga dengan Amplitudo 500 mVp-p



(a) (b)

Gambar 5.11 (a) Pengukuran Amplitudo 500 mVp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 500 mVp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.11 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang segitiga dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 592 mV, sedangkan pada

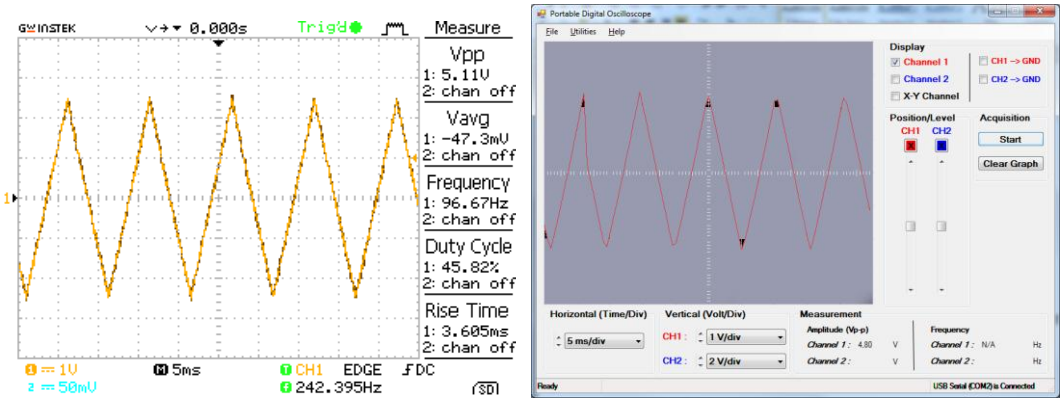
Gambar 5.11 (b) adalah hasil pengukuran sinyal gelombang segitiga menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 399,60 mV.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 500 mVp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{592\ mV - 399{,}60\ mV}{592\ mV}\right).100\%\right| = 32{,}50\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 32,50%.

5.2.3.2 Hasil Pengujian Gelombang Segitiga dengan Amplitudo 5 Vp-p



(a) (b)

Gambar 5.12 (a) Pengukuran Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.12 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang segitiga dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 5,11 V, sedangkan pada Gambar 5.12 (b) adalah hasil pengukuran sinyal gelombang segitiga

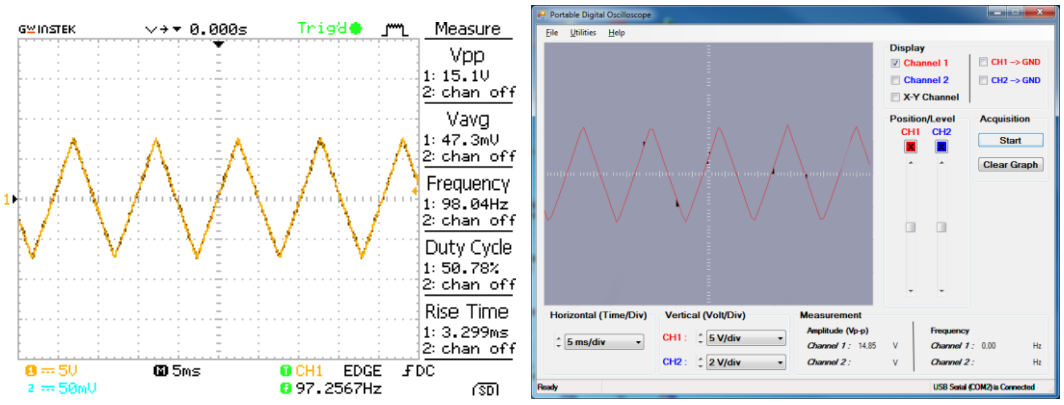
menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 4,80 V.

Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 5 Vp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{5{,}11\ V - 4{,}80\ V}{5{,}11\ V}\right).100\%\right| = 6{,}06\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 6,06 %.

5.2.3.3 Hasil Pengujian Gelombang Segitiga dengan Amplitudo 15 Vp-p



(a) (b)

Gambar 5.13 (a) Pengukuran Amplitudo 15 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran Amplitudo 15 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.13 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang segitiga dengan frekuensi 100 Hz menggunkan osiloskop yang ada dan menunjukkan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 15,1 V, sedangkan pada Gambar 5.13 (b) adalah hasil pengukuran sinyal gelombang segitiga menggunakan sistem perangkat yang dibuat dan menunjukan hasil pengukuran amplitudo sinyal sebesar 14,85 V.

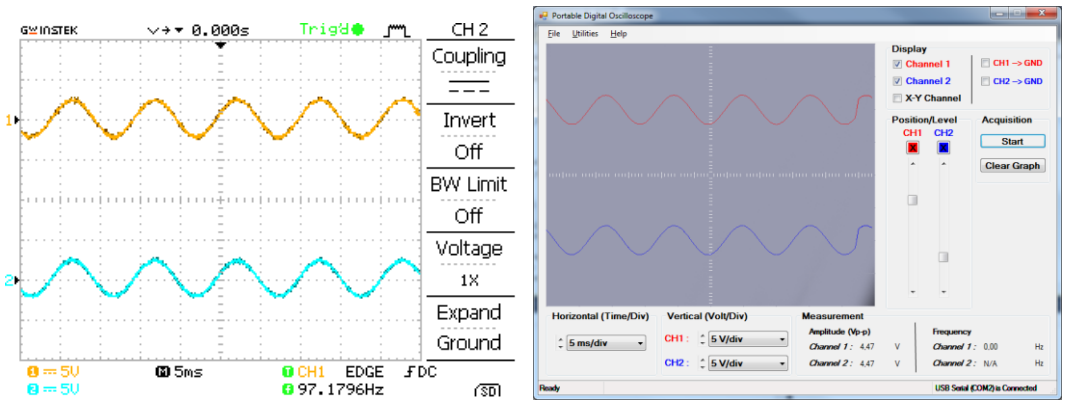
Dengan menggunakan Persamaan (5.1) maka persentase kesalahan yang terjadi dari hasil pengukuran oleh sistem perangkat pada amplitudo sinyal sebesar 15 Vp-p adalah :

$$\%FK = \left|\left(\frac{15{,}10\ V - 14{,}85\ V}{15{,}10\ V}\right).100\%\right| = 1{,}65\ \%$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai %*FK* sebesar 1,65 %.

5.2.4 Pengujian Pengukuran 2 Kanal secara Bersamaan

Untuk pengujian 2 kanal masukan secara bersamaan ini dilakukan dengan cara memberi masukan sinyal gelombang sinus kepada masing-masing kanal pada sistem perangkat dengan frekuensi yang digunakan sebesar 100 Hz, dan amplitudo sinyal masukan sebesar 5 Vp-p. Kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran oleh osiloskop yang ada.



(a) (b)

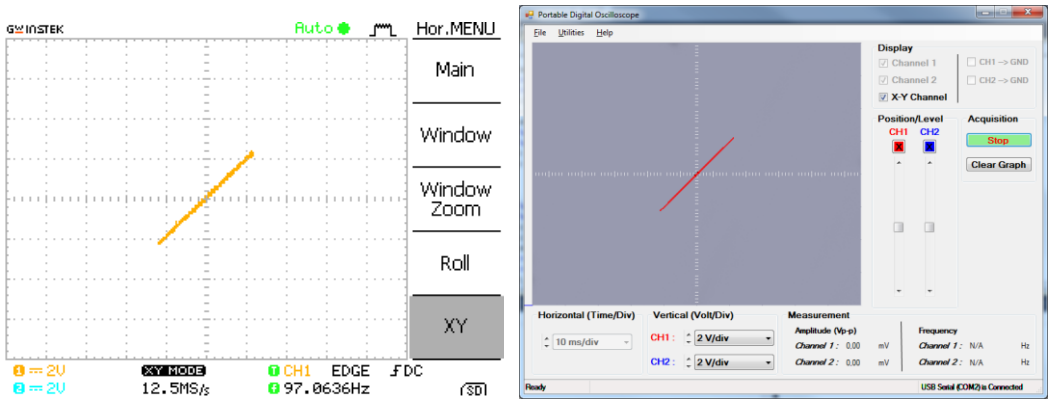
Gambar 5.14 (a) Pengukuran 2 Kanal dengan Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Osiloskop, (b) Pengukuran 2 Kanal dengan Amplitudo 5 Vp-p Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.14 (a) merupakan hasil pengukuran sinyal gelombang sinus 2 kanal masukan dengan frekuensi 100 Hz menggunakan osiloskop yang ada,

sedangkan pada Gambar 5.14 (b) adalah hasil pengukuran sinyal gelombang sinus 2 kanal masukan menggunakan sistem perangkat yang dibuat. Dari hasil tersebut menunjukan bahwa sistem perangkat dapat bekerja secara simultan untuk mengukur lebih dari 1 kanal masukan, sehingga hal ini sesuai dengan perancangan sistem.

5.2.5 Pengujian Pengukuran *Liseajous*

Untuk pengujian pengukuran *liseajous* ini dilakukan dengan cara memberi masukan sinyal gelombang sinus kepada masing-masing kanal pada sistem perangkat dengan frekuensi yang digunakan sebesar 100 Hz, dan amplitudo sinyal masukan sebesar 5 Vp-p. Kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran oleh osiloskop yang ada.



(a) (b)

Gambar 5.15 (a) Pengukuran *Liseajous* Menggunakan Osiloskop,
(b) Pengukuran *Liseajous* Menggunakan Sistem Perangkat.

Gambar 5.15 (a) merupakan hasil pengukuran *liseajous* dengan frekuensi 100 Hz menggunakan osiloskop yang ada, sedangkan pada Gambar 5.15 (b) adalah hasil pengukuran *liseajous* menggunakan sistem perangkat yang dibuat. Dari hasil tersebut menunjukan bahwa sistem perangkat dapat bekerja secara

simultan untuk mengukur lebih dari 1 kanal masukan, dan juga dapat digunakan untuk pengukuran *liseajous* yang biasanya digunakan untuk mengukur beda fasa antara kedua sinyal masukan.

Pada percobaan tersebut terlihat gelombang yang terbentuk pada osiloskop maupun pada sistem perangkat adalah sama, yaitu membentuk garis miring yang linier terhadap sumbu x dan y. Hal tersebut membuktikan bahwa beda fasa antara kedua sinyal masukannya adalah 0 (nol).

5.3 Analisis Harga

Perancangan alat tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan perangkat alat ukur osiloskop yang lebih murah harganya dibanding dengan alat ukur osiloskop yang sudah ada dipasaran. Oleh karena itu, analisis harga perlu dilakukan guna membandingkan perbedaan dan efisiensi dari sisi biaya.

Untuk dapat mengetahui perbedaan harga antara osiloskop yang ada dipasaran dengan alat tugas akhir yang dibuat ini, maka diperlukan referensi harga osiloskop yang umum berada dipasaran.

163	Osilator audio	285.750
164	osiloskop digital storage merk ATTEN ADS1022CL (2ch 25MHZ)	5.460.000
165	osiloskop digital storage merk Hantek DSO5102BM (2ch 100MHZ)	11.440.000
166	osiloskop digital storage merk Hantek DSO5202YY (2ch 200MHZ)	14.560.000
167	osiloskop digital storage merk Hantek DSO5062BM (2ch 60MHZ)	9.880.000
168	Oscilloscope & Logic Analyzer 16Ch merk Hantek MSO5202D (2ch analog 200MHZ, 16ch digital)	20.800.000
169	Oscilloscope & Logic Analyzer 16Ch merk Hantek MSO5102D (2ch analog 100MHZ, 16ch digital)	18.200.000
170	Oscilloscope & Logic Analyzer 16Ch merk Hantek MSO5062D (2ch analog 60MHZ, 16ch digital)	15.600.000
171	Oscilloscope Hantek DSO1060 (2 Channels 60MHz, 150MSa/s)	13.000.000
172	Oscilloscope Hantek DSO8060 (2 Channels 60MHz, 250MSa/s)	14.300.000
173	Oscilloscope with USB Hantek DSO3064 (Automotive Diagnostic 4CH 200MS/s 60MHz)	10.400.000
174	papan luncur ex lokal	112.800

Gambar 5.16 Harga Osiloskop yang Umum Berada di Pasaran

Gambar 5.16 merupakan daftar harga osiloskop yang berada dipasaran yang didapat melalui internet pada *http://www.phyedumedia.com/2013/03/alat-laboratorium-fisika-sekolah.html* yang diakses pada tanggal 22 Agustus 2013. Dari halaman *web* tersebut dijelaskan harga yang terlampir merupakan harga pada bulan Maret 2013. Sehingga daftar harga tersebut dapat dijadikan referensi pembanding untuk alat osiloskop yang dibuat dalam tugas akhir ini.

Apabila harga-harga osiloskop yang tertera pada Gambar 5.16 dirata-ratakan, maka akan didapatkan harga rata-rata sekitar Rp. 13.364.000 untuk 1 (satu) buah osiloskop. Sedangkan biaya pembuatan perangkat osiloskop yang dibuat pada tugas akhir ini tidak lebih dari 1 (satu) juta rupiah, rincian biaya untuk pembuatan alat tugas akhir ini terlihat seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Rincian Biaya Pembuatan Alat Tugas Akhir

No.	Nama Komponen / Barang	Harga (Rp.)
1.	Mikrokontroler PIC18F4550	235.000
2.	Op-Amp LF353	7.000
3.	*Switching Capacitor* ICL7660	30.000
4.	Komponen pasif	200.000
5.	Cetak PCB	240.000
6.	Pembuatan *cassing*	75.000
7.	Kabel *mini* USB *port*	15.000
8.	Peralatan tambahan (baut, *spacer*, kabel, dll.)	50.000
	Total Biaya	**852.000**

Total biaya yang terlampir pada Tabel 5.6 merupakan biaya untuk pembuatan perangkat keras sistem, sedangkan untuk jasa (riset alat dan pemograman) adalah sebesar 40 % dari total biaya, sehingga harga yang ditetapkan untuk perangkat osiloskop yang dibuat adalah sebesar Rp. 1.192.800.

Harga yang ditetapkan tersebut adalah harga untuk perangkat keras, sedangkan untuk mendukung alat tersebut agar dapat digunakan maka diperlukan

perangkat komputer, apabila diasumsikan diperlukan untuk membeli seperangkat komputer dengan harga komputer standard sekitar ± 3 juta rupiah, maka biaya untuk mendapatkan perangkat osiloskop ini adalah Rp. 4.192.000.

Biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan perangkat tersebut sekitar 31,37 % dari harga rata-rata osiloskop yang berada dipasaran. Dengan kata lain dengan menggunakan osiloskop yang dibuat pada tugas akhir ini pengguna dapat menekan biaya untuk mendapatkan osiloskop sebesar 68,64 %.Terdapat keuntungan lain dari biaya sebesar Rp. 4.192.000 dimana perangkat komputer yang termasuk pada sistem osiloskop tersebut dapat digunakan untuk keperluan lain oleh pengguna.

Dari hasil analisis harga yang dilakukan menunjukan bahwa tujuan pembuatan tugas akhir ini dapat tercapai karena dengan alat osiloskop yang dibuat dapat menekan biaya serendah mungkin, sehingga siapapun yang membutuhkan alat ukur osiloskop dapat memilikinya karena harga yang lebih terjangkau dibanding dengan harga osiloskop yang berada dipasaran.