

# PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ARM CORTEX M3 PC BASED DSO (DIGITAL STORAGE OSCILLOSCOPE)

## *Design and Implementation ARM CORTEX M3 PC Based DSO (Digital Storage Oscilloscope)*

Lukman Triyadi<sup>1</sup>, Ir. M. Sarwoko, M.Sc<sup>2</sup>, Unang Sunarya, S.T, M.T.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universtias Telkom.

<sup>2</sup>Lektor Kepala, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

<sup>3</sup>Lektor Staf, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

<sup>1</sup>rutinitaspening@gmail.com, <sup>2</sup>sarwoko@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

---

### ABSTRAK

Osiloskop sangat dibutuhkan untuk kalangan yang menggeluti di bidang kelistrikan dan elektronika, seperti para pelajar, periset maupun *hobbyist*. Osiloskop digital merupakan jenis osiloskop yang pada saat ini banyak dijual. Di dalam osiloskop digital terdapat perangkat untuk pemroses data seperti ADC, memori dan prosesor. Sistem yang telah dibuat sangat rumit dan harga yang ditawarkan masih sangat mahal. Sehingga tidak semua orang bisa memiliki sebuah osiloskop penyimpanan digital. Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis memanfaatkan sebuah mikrokontroler ARM Cortex M3 32-bit sebagai perangkat untuk memproses data sinyal analog. Mikrokontroler tersebut dipilih karena keunggulannya yaitu memiliki ADC 12-bit, CPU berkecepatan tinggi yaitu mencapai 120 MHz serta memiliki periferil lain yang mendukung. Selain mikrokontroler, perangkat PC digunakan sebagai penampil data dari mikrokontroler. Data yang ditampilkan adalah berupa grafik dalam domain waktu dan frekuensi melalui sebuah GUI *software*. Selain itu, dibuat beberapa perangkat keras yaitu rangkaian pengkondisi sinyal dan rangkaian catu daya. Alat rancangan dapat menerima tegangan antara (-) 15 Volt dan (+). Dalam pengujian, sinyal input berasal dari sebuah *function generator*. Alat rancangan dapat membaca tegangan  $V_{pp}$  sinyal input sinusoidal, sinyal segitiga, dan sinyal kotak dengan akurasi 93,15%, 97,43 % dan 86,82 %. Sedangkan dalam mengukur frekuensi dengan jenis sinyal input yang berbeda. akurasi alat rancangan adalah sama rata yaitu 95,35 % dengan frekuensi maksimum yang dapat diukur adalah 80 KHz.

Kata Kunci : DSO (*Digital Storage Oscilloscope*), ADC(*Analog To Digital Converter*), ARM Cortex M3

---

### ABSTRACT

The oscilloscope is needed for working in the field of electricity and electronics, such as students, researchers and hobbyists. Digital oscilloscope is a type of oscilloscope that is currently sold. In digital oscilloscopes are tools for data processing such as ADC, memory and processor. The system has been made very complicated and the price offered is still very expensive. So not everyone can have a digital storage oscilloscope. To overcome these problems, the authors utilize an embedded system is a microcontroller LPC 1788 ARM Cortex-M3 32-bit devices to process the data as an analog signal. Microcontroller was chosen because of its superiority that has a 12-bit ADC, high-speed CPU is at 120 MHz as well as having other supporting peripherals. In addition to the microcontroller, the PC is used as a data viewer of the microcontroller. Data shown is in the form of a graph in time and frequency domains through a GUI software. In addition, some of the hardware that made signal conditioning circuit and power supply circuit. The Implemented device can accept voltages between (-) 15 Volt and (+). In testing, the input signal is derived from a function generator. Design tool can read the voltage  $V_{pp}$  sinusoidal input signal, a triangular signal, and the signal box with an accuracy of 93,15%, 97,43 % and 86,82 %. While in measuring the frequency with which different input signals. the accuracy of the design is the same value that is 95,35 % with a maximum frequency that can be measured is 80 KHz.

Keywords: DSO (*Digital Storage Oscilloscope*), ADC (*Analog To Digital Converter*), ARM Cortex M3.

---

## 1. Pendahuluan

Osiloskop secara umum merupakan alat ukur yang digunakan untuk melihat bentuk keluaran sinyal dari suatu rangkaian elektronik tertentu atau sumber sinyal lain. Osiloskop sangat dibutuhkan untuk kalangan yang menggeluti di bidang kelistrikan dan elektronika, seperti para pelajar, periset maupun *hobbyist*. Pada saat ini osiloskop digital adalah yang banyak digunakan. Namun harga jual dipasaran masih sangat mahal. Untuk mengatasi masalah yang telah disebutkan. Dalam kesempatan kali ini, melalui penelitian yang berjudul **“Perancangan dan Implementasi ARM Cortex M3 PC Based DSO (Digital Storage Oscilloscope)**. Bermaksud untuk membuat sebuah DSO menggunakan perpaduan antara mikrokontroler dan PC.

Dalam penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah LPC 1788. Mikrokontroler ini digunakan karena berdasarkan spesifikasi yang memiliki ADC 12-bit, Kecepatan CPU 120 MHz, dan periferal lain yang mendukung dalam satu *chip*. Pada PC perangkat lunak GUI dibuat menggunakan bahasa pemrograman *visual c#* agar perangkat lunak lebih fleksibel. Terdapat dua tujuan dalam penelitian ini yakni:

1. Menghasilkan sebuah osiloskop digital dengan biaya implementasi rendah.
2. Menghasilkan sebuah osiloskop digital yang memiliki tingkat performansi, ketelitian dan keakuratan yang baik.

Permasalahan pada penelitian dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sebuah rangkaian pengkondisi sinyal agar tegangan sinyal input sesuai tegangan kerja ADC pada mikrokontroler LPC 1788.
2. Bagaimana merancang perangkat lunak sebagai ADC, penyimpanan sementara, dan mengirim data melalui *peripheral* serial pada mikrokontroler LPC 1788.
3. Bagaimana merancang perangkat lunak GUI pada PC.
4. Bagaimana mengetahui faktor kesalahan alat rancangan.

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini melalui beberapa tahap yaitu :

### 1. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini melakukan studi literatur tentang DSO (*Digital Storage Oscilloscope*), mikrokontroler, komunikasi serial dan membuat GUI *software* pada PC.

### 2. Tahap Perumusan Masalah

Pada tahap ini melakukan perumusan masalah difokuskan mengenai bagaimana membuat sebuah DSO menggunakan mikrokontroler sebagai perangkat pemroses data sinyal analog dan PC sebagai perangkat untuk menampilkan data sinyal analog.

### 3. Tahap Perancangan

Pada tahap ini melakukan perancangan meliputi perancangan model sistem keseluruhan, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

### 4. Tahap Pengujian dan Analisis

Pada tahap ini, penulis melakukan pengujian dan analisis keluaran terhadap seluruh sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan.

### 5. Tahap Penyusunan Laporan

Pada tahap ini dilakukan penulisan tentang segala sesuatu yang didapatkan selama proses penelitian dari awal hingga akhir.

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1 Osiloskop Digital

Secara umum, osiloskop digital maupun analog memiliki kesamaan pada perangkat *front – end* seperti pada bagian *Attenuator*, *vertical amplifier*, dan sirkuit *trigger*. Perbedaan terdapat pada osiloskop digital berisi sistem pemrosesan data tambahan yaitu ADC (*Analog to Digital Converter*), *memory* dan *microprosesor*. Sehingga osiloskop digital merupakan perangkat ukur yang memiliki sistem digital untuk memproses sinyal yang akan diukur sebelum ditampilkan pada layar untuk di analisis [9].

### 2.2 Konversi Analog To Digital

Konversi A/D adalah suatu proses mengubah bentuk sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam proses tersebut, sinyal analog melewati beberapa tahap sebelum pada akhirnya menjadi sebuah sinyal digital. Pada sub bab ini akan dijelaskan tentang Tahap – tahap konversi ADC yaitu *sampling*, kuantisasi dan *coding* [7].

### 2.3 DFT (*Discrete Fourier Transform*)

*Discrete Fourier Transform* adalah sebuah persamaan matematis yang digunakan untuk mentransformasikan sinyal dari representasi domain waktu menjadi representasi domain frekuensi. Input DFT adalah suatu sinyal diskrit dan periodik [7].

$$X(k) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} X(n) \left[ \cos \frac{2\pi nk}{M} - j \sin \frac{2\pi nk}{M} \right] \quad (1)$$

### 2.4 Sistem Perangkat Keras Keseluruhan

Berikut ini merupakan isi dari sistem keseluruhan perangkat keras dan fungsi dari masing – masing blok :

- a. *Function Generator* berfungsi sebagai sumber sinyal input pada pengukuran. Sinyal input yang digunakan adalah sinyal sinusoidal, sinyal kotak dan sinyal segitiga dengan frekuensi maksimum 200 KHz.
- b. Pengkondisi sinyal merupakan bagian analog dari sistem. Mengolah sinyal analog yang masuk agar besar tegangan sesuai dengan *range* tegangan input ADC mikrokontroler, pengkondisi sinyal terdiri dari *attenuator*, penguat *buffer*, penguat 10x, input *selector*, dan penggeser tegangan. Di bawah ini adalah fungsi masing – masing blok pengkondisi sinyal
- c. Mikrokontroler LPC 1788 adalah mikrokontroler arsitektur ARM Cortex M3 32-bit berfungsi sebagai ADC, penyimpanan sementara, pengolah data dan mengirim data ke PC melalui *port serial* UART.
- d. *USB to Serial* berfungsi sebagai konverter data berasal dari *port* UART pada mikrokontroler ke perangkat USB pada PC.
- e. PC berfungsi sebagai perangkat pemroses dan penampil data dari mikrokontroler.

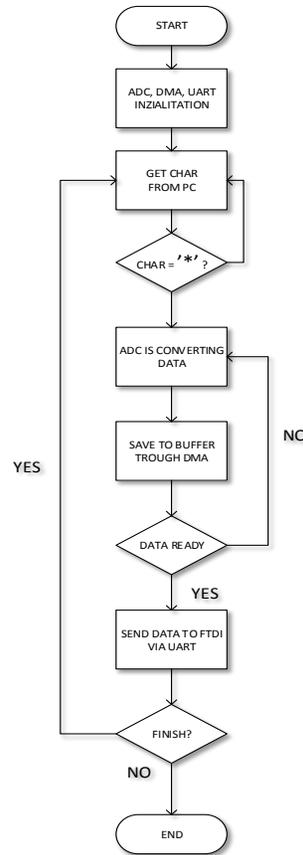
### 2.5 Perancangan Perangkat Keras

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahap perancangan yang dilakukan, antara lain tahap pertama merupakan perancangan perangkat keras yang meliputi perancangan untuk rangkaian pengkondisi sinyal seperti rangkaian *attenuator*, rangkaian penguat *buffer* dan 10x, rangkaian penggeser level tegangan dan rangkaian catu daya mikrokontroler serta catu daya op – amp.

### 2.6 Perancangan Perangkat Lunak

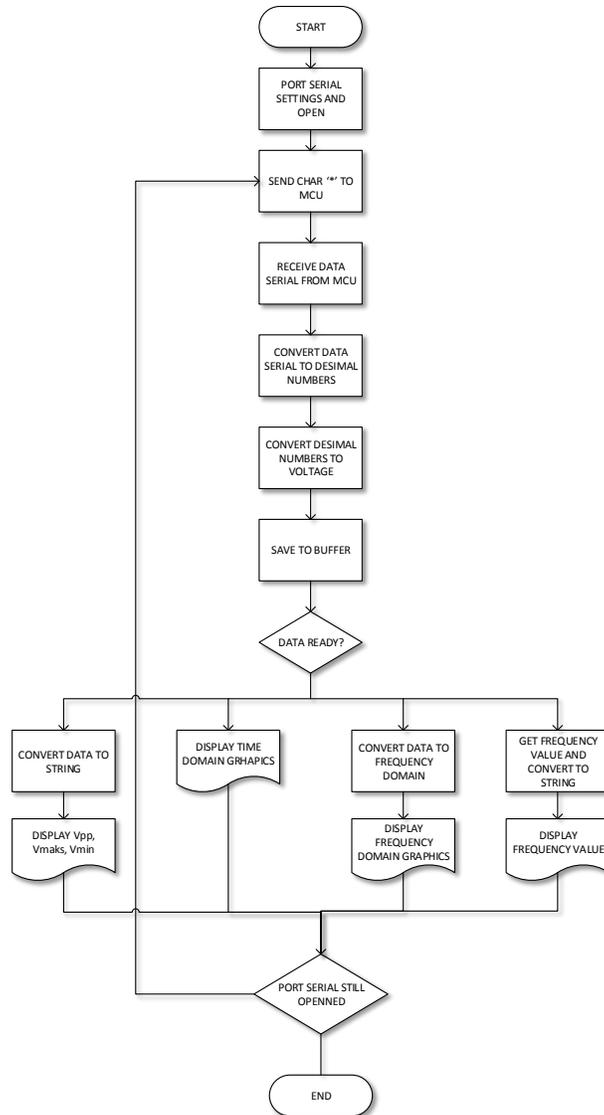
Tahap selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak diantaranya yaitu perancangan perangkat lunak untuk mikrokontroler dan perancangan perangkat lunak GUI pada PC. Berikut dibawah ini merupakan *flowchart* dari perancangan perangkat lunak. Dibawah ini merupakan program utama dari perangkat lunak mikrokontroler :

1. Inisialisasi *peripheral* yang digunakan seperti ADC, DMA dan UART.
2. Mikrokontroler menerima karakter atau *GET CHAR* '\*' dari PC pin RX p0.3
3. ADC mengkonversi sinyal dari port p 0.25 sebanyak 200 sampel sinyal.
4. Hasil konversi disimpan dalam buffer[i]
5. Kirim data *Buffer [i]* ke *Chip* FTDI melalui port UART 0 yaitu pin Tx p0.2.
6. Apabila koneksi serial masih terhubung dengan komputer kembali ke *Get Char*.



Gambar 1. *Flowchart* Perangkat Lunak Mikrokontroler

Perancangan perangkat lunak menggunakan *Visual Studio Professional 2010*. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam implementasi GUI ini adalah *visual C#*. Plot sinyal menggunakan sebuah library *ZedGraph.dll*.



Gambar 2. Flowchart Perangkat Lunak GUI Pada PC

### 3. Pembahasan

Pada bab ini merupakan pembahasan sistem yang akan dirancang pada bab sebelumnya. Pembahasan dibagi menjadi tiga bagian yaitu, pembahasan tentang perangkat keras, perangkat lunak dan sistem keseluruhan.

#### 3.1 Pengujian Perangkat Keras

Perangkat keras terdiri dari rangkaian *attenuator*, rangkaian penguat *buffer* dan penguat 10x dan rangkaian penggeser level tegangan. Rangkaian *attenuator* terdiri dari rangkaian pembagi resistif dan kapasitif [13]. Dari hasil realisasi dan pengujian sistem, rangkaian ini memiliki nilai rata – rata *error* sebesar 4.68% untuk output  $V_{pp}$ , 12,03% untuk output  $V_{min}$ , dan 12,12 % untuk  $V_{min}$ . Nilai output dari masing – masing input relatif lebih kecil dari nilai output seharusnya. Gambar realisasi rangkaian terlampir pada lampiran.

Rangkaian penguat *buffer* dan penguat 10x merupakan rangkaian aplikasi dari op – amp *buffer* dan *non inverting* [6]. Hasil realisasi sistem dan pengujian diperoleh nilai rata – rata *error* tegangan output pada rangkaian penguat *buffer* yaitu 11,32% untuk  $V_{pp}$ , 9,93% untuk  $V_{maks}$ , dan 6,97% untuk  $V_{min}$ . Sedangkan pada rangkaian

penguat 10x yaitu, 9,82% untuk Vpp, 18,04% untuk Vmaks dan 11,92% untuk Vmin. Gambar realisasi rangkaian terlampir pada lampiran

Rangkaian penggeser tegangan merupakan rangkaian aplikasi dari op – amp yaitu penguat *inverting* [6]. Hasil realisasi dan pengujian rangkaian penggeser tegangan hasil pengujian diperoleh nilai rata – rata *error* tegangan output pada rangkaian penggeser tegangan yaitu, 11,52% untuk Vpp, 6,05% untuk Vmaks dan 4,81% untuk Vmin. Gambar realisasi rangkaian terlampir pada lampiran.

Rangkaian catu daya op – amp merupakan rangkaian yang terdiri dari dua buah IC 7660 [5]. Hasil Pengujian diperoleh rata – rata nilai *error* tegangan output pada rangkaian catu daya op – amp yaitu, 11.63% untuk output positif, 13.27% untuk output negatif. Gambar realisasi rangkaian terlampir pada lampiran

### 3.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian pada blok ini adalah merupakan pengujian untuk program utama dari mikrokontroler. Pada intinya mikrokontroler melakukan penyimpanan data dalam suatu variabel dengan panjang data tertentu. Kemudian data – data tersebut dikirim melalui *port* UART. Data yang di *record* dengan data yang dikirimkan harus sesuai jumlahnya.

### 3.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan faktor kesalahan alat rancangan terhadap pembacaan tegangan Vpp dan frekuensi. Hasil keluaran pengukuran osiloskop digital lain digunakan untuk membandingkan data.

$$error = \frac{|Xosiloskop Digital - Xalat rancangan|}{Xosiloskop digital} \times 100\% \quad (2)$$

*Xosiloskop* adalah data osiloskop digital sedangkan *Xalat rancangan* adalah data alat rancangan.

$$Akurasi = 100\% - error \quad (3)$$

Akurasi alat rancangan dalam mengukur Vpp sinyal sinusoidal adalah 93,15%, untuk sinyal segitiga 97,43 % dan untuk sinyal kotak adalah 86,82 %. Akurasi alat rancangan dalam mengukur frekuensi untuk sinyal sinusoidal, sinyal segitiga maupun sinyal kotak adalah 95,35 %.

## 4. Kesimpulan

Hasil dari perancangan dan implementasi hingga pengujian dan analisis. Terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan. yaitu :

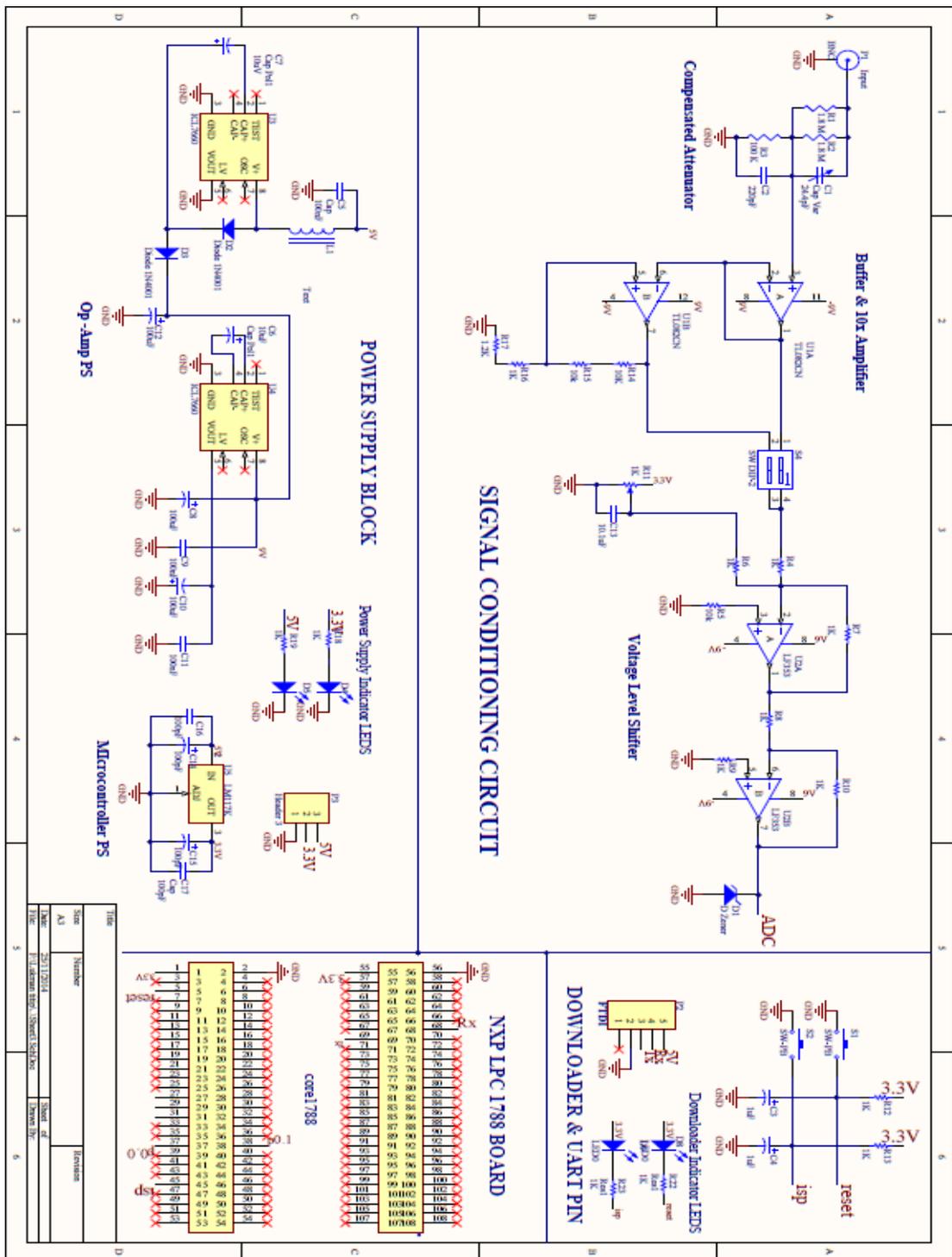
1. Perangkat pengkondisi sinyal masih memiliki nilai *error* di setiap bloknnya. Namun rangkaian tersebut dapat bekerja dan tidak merusak mikrokontroler.
2. Akurasi alat rancangan dalam mengukur Vpp sinyal sinusoidal adalah 93,15%, untuk sinyal segitiga 97,43 % dan untuk sinyal kotak adalah 86,82 %.
3. Akurasi alat rancangan dalam mengukur frekuensi untuk sinyal sinusoidal, sinyal segitiga maupun sinyal kotak adalah 95,35 %.
4. Biaya pembuatan alat rancangan dapat ditekan hingga 48,10 % dari rata – rata harga alat yang terdapat di pasaran.
5. Frekuensi maksimum sinyal input yang dapat diukur oleh alat rancangan ini adalah 80 KHz.

### Daftar Pustaka :

- [1]. Axelson, Jan, 2007. *Serial Port Complete Second Edition*. . United States of America : Lake View Research LLC.

- [2] Bakshi, U. A & Bakshi, A. V. 2009. *Electronics Measurements And Instrumentation Second Edition*. . United States of America : *Technical Publication*.
- [3] Hatanto, Budi. 2013. *Membuat Program – program keren dengan Visual C#.Net Secara Mudah*. Indonesia : Andi.
- [4] Heath, Steve. 2003. *Emdbded Systems Design*. United States of America : Newnes.
- [5] Intersil. *IC 7660 datasheet*. [online] Available at : <http://www.intersil.com/content/dam/intersil/document.pdf>. [Accessed 1 Januar 2014].
- [6] Mancini, Ron . 2002. *Op Amps For Everyone, Design Refference*. United States of America : Newnes.
- [7] Proakis, John G. & Manolakis, Dimitris G. 1996. *Digital Signal Processing Principles, Algorthms, and Application Third Editon*. United State of America : Prentice Hall.
- [8] STMicroelectronics. *TL082CN-datasheet*. [Online] Available at : <http://www.st.com/TL-082CN>. [Accssed 1 January 2014].
- [9] Tektronix. *XYZs of Oscilloscopes primer*. [Online] Available at : [http://www.Tektronix.com/XYZs of Oscilloscopes primer Tektronix.pdf](http://www.Tektronix.com/XYZs_of_Oscilloscopes_primer_Tektronix.pdf). [Accessed 1 January 2014].
- [10] UM10470, *LPC178x/7x User manual*. [Online] Available at : <http://www.nxp.com>. [Accssed 1 January 2014].
- [11] Viu, Joseph, 2007. *The Definitive Guide to The ARM Cortex- M3*. United States of America : Elsevier Inc.
- [12] Voltage Regulator AZ1117 *Datasheet*. [Online] Available at : <http://www.reparatumismo.org/documentos/TDT/regulador%203v.pdf>. [Accssed 1 January 2014].
- [13] Zulinski, Bob. *Electronic Application*. United States of America : Michigan Tecnological University.

Lampiran



Skematik Rangkaian Perangkat Keras