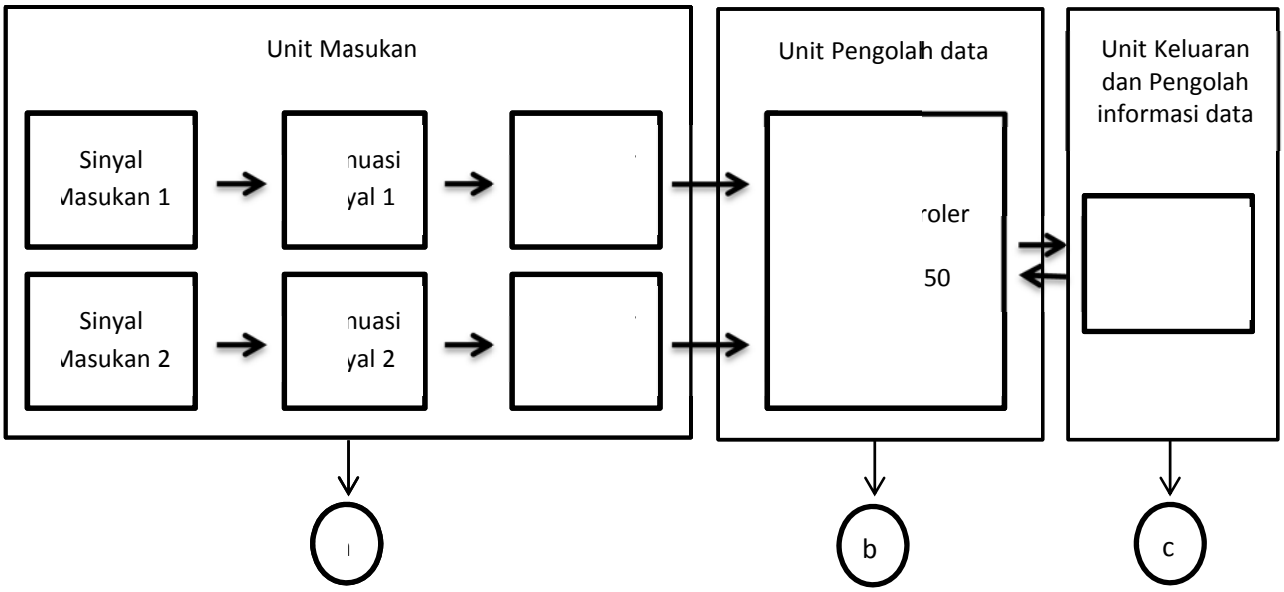
BAB IV

PERANCANGAN ALAT

Perancangan dan realisasi sistem merupakan bagian yang penting dari seluruh pembuatan tugas akhir ini. Pada bab 2 (dua) telah dijelaskan beberapa teori-teori dasar yang mendukung untuk perancangan alat "*Portable Digital Oscilloscope* menggunakan PIC18F4550".

Pada bab ini akan dijelaskan perancangan sistem alat tersebut, yang dimana pada perancangan ini akan dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. perancangan perangkat keras (*hardware*),
2. perancangan perangkat lunak mikrokontroler (*firmware*), dan
3. perancangan perangkat lunak aplikasi komputer (*software*).



Gambar 4.1 Blok Diagram Perangkat Keras *Portable Digital Oscilloscope* Menggunakan PIC18F4550

Pada Gambar 4.1 memperlihatkan bagian-bagian dari perancangan perangkat keras *portable digital oscilloscope* menggunakan PIC18F4550, yang meliputi beberapa bagian yaitu :

a. *unit masukan*, pada bagian masukan ini terdapat 2 (dua) buah kanal masukan yang merupakan bagian dimana sinyal yang diukur menjadi objek utama sistem, pada blok masukan ini terdapat beberapa rangkaian pendukung seperti : rangkaian atenuasi sinyal yang berguna untuk melemahkan amplitudo sinyal agar dapat terbaca oleh bagian ADC mikrokontroler, dan bagian penguat (*amplifier*) sinyal yang berguna untuk memperkuat sinyal yang terlalu lemah untuk dapat terbaca oleh bagian ADC mikrokontroler karena telah teratenuasi oleh rangkaian *attenuator*,
b. *unit pengolah data*, pada bagian ini digunakan mikrokontroler PIC18F4550 sebagai prosesor utama sistem, karena pada mikrokontroler tersebut telah terdapat modul komunikasi USB yang akan digunakan sebagai peranti antarmuka antara perangkat dengan komputer. Bagian pengolah data ini bertugas mengolah informasi sinyal yang masuk dan dicuplik oleh ADC pada mikrokontroler yang kemudian diproses dan dikirimkan ke komputer untuk kemudian ditampilkan gambar hasil pencuplikan sinyalnya pada aplikasi di komputer,
c. *unit keluaran dan pengolah informasi data*, pada bagian ini merupakan informasi data keluaran dari sistem tersebut. Sinyal masukan yang tadinya berupa gelombang sinyal analog ataupun

gelombang sinyal digital kemudian di proses dan di olah pada bagian pengolah informasi / data sehingga menjadi suatu informasi data sinyal digital yang kemudian dikirimkan menggunakan peranti antarmuka USB sehingga informasi data tersebut dapat diproses dan di tampilkan di sisi komputer menggunakan program aplikasi yang akan menangani sistem tersebut.

4.1 Cara Kerja Sistem

Sistem *portable digital oscilloscope* bekerja dengan cara mencuplik sinyal masukan yang telah melalui rangkaian *attenuator* dan rangkaian *amplifier* sebelum kemudian masuk ke bagian ADC mikrokontroler. Rangkaian *attenuator* berfungsi untuk melemahkan amplitudo sinyal hingga 10x jadi apabila terdapat sinyal dengan amplitudo (Vp-p) sebesar 10 Volt maka akan di atenuasi sehingga amplitudo sinyalnya akan menjadi 1 Volt. Hal ini dimaksudkan karena perangkat ADC pada mikrokontroler hanya mampu bekerja pada rentang tegangan antara 0 – 5 Volt.

Setelah sinyal melalui rangkaian *attenuator* sinyal kemudian akan berjalan melalui rangkaian *amplifier*. Pada bagian ini terdapat 2 (dua) buah rangkaian penguat untuk masing-masing kanalnya, yaitu rangkaian penguat dengan nilai penguatan 1x yang berfungsi sebagai *bypass-amplifier* atau sering juga disebut rangkaian *buffer*, dan rangkaian penguat dengan nilai penguatan 10x yang berfungsi untuk menguatkan sinyal sebesar 10x, sebagai contoh apabila terdapat sinyal masukan sistem dengan amplitudo sebesar 20 mV maka sinyal tersebut akan diatenuasikan terlebih dahulu sehingga amplitudo sinyalnya akan

menjadi 2 mV. Besar amplitudo tersebut tidak akan mampu terbaca oleh perangkat ADC pada mikrokontroler, karena resolusi ADC pada mikrokontroler PIC18F4550 adalah 10-bit, yang artinya dapat merasakan perubahan tegangan sebesar 5 Volt / 1024 = 4,88 mV. Sehingga sinyal dengan amplitudo 2 mV yang telah melalui rangkaian *attenuator* tersebut perlu di kembalikan lagi menjadi amplitudo sinyal masukan asli dengan cara menguatkan sinyal tersebut sebesar 10x sehingga didapatkan hasil amplitudo akhir sebesar 20 mV (sama dengan amplitudo sinyal masukan) yang dimana sinyal dengan amplitudo tersebut dapat dibaca oleh perangkat ADC pada mikrokontroler.

Pada mikrokontroler PIC18F4550 terdapat 13 kanal ADC termultiplekser yang dapat digunakan, namun pada sistem ini hanya digunakan 4 kanal saja, yaitu kanal-5 digunakan untuk masukan sinyal kanal 1 dengan penguatan 1x, kanal-6 digunakan untuk masukan sinyal kanal 1 dengan penguatan 10x, kanal-1 digunakan untuk masukan sinyal kanal 2 dengan penguatan 1x, dan kanal-2 digunakan untuk masukan sinyal kanal 2 dengan penguatan 10x.

Sinyal-sinyal masukan yang telah dicuplik kemudian mulai dikonversi menjadi besaran nilai digital didalam mikrokontroler dan kemudian dikirimkan ke komputer menggunakan peranti antarmuka USB. Nilai sinyal digital hasil pencuplikan ADC yang telah dikirimkan ke komputer menggunakan peranti antarmuka USB tersebut kemudian akan diolah oleh aplikasi komputer khusus yang dibuat untuk memproses data-data tersebut untuk kemudian membuat gambar grafik pembacaan sinyal, sehingga sinyal yang diukur akan ditampilkan pada layar komputer melalui program aplikasi tersebut.

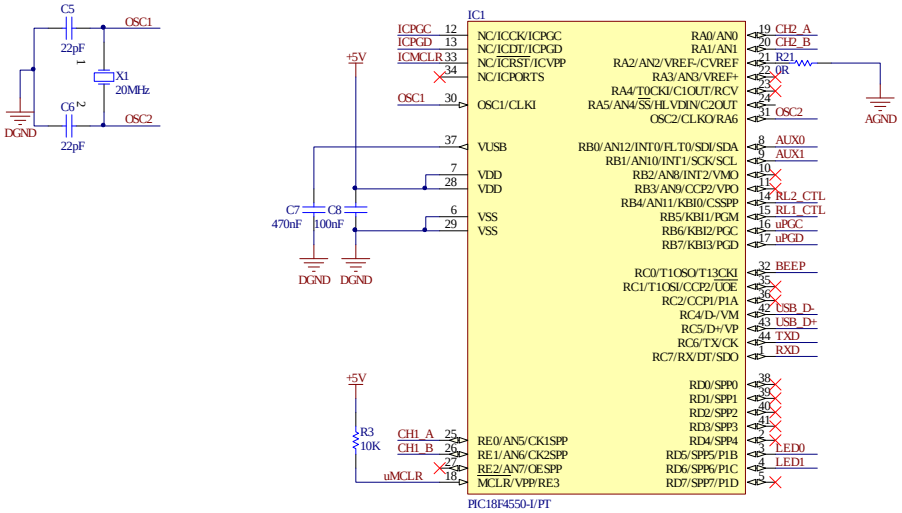
4.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dalam ini terdiri dari perancangan rangkaian penguat sebagai unit masukan, PIC18F4550 sebagai unit pemroses dan komunikasi USB sebagai unit keluaran. Berikut uraian dari masing-masing perancangan perangkat keras penyusun sistem.

4.2.1 Perancangan Sistem Minimum Mikrokontroler PIC18F4550

Mikrokontroler PIC18F4550 digunakan sebagai unit pemroses utama dari sistem perangkat *portable digital oscilloscope*. PIC18F4550 bertugas mencuplik data sinyal masukan analog yang kemudian dikonversikan menjadi data sinyal dalam besaran digital, yang selanjutnya hasil pemrosesan tersebut dikirimkan ke komputer menggunakan peranti antarmuka USB.

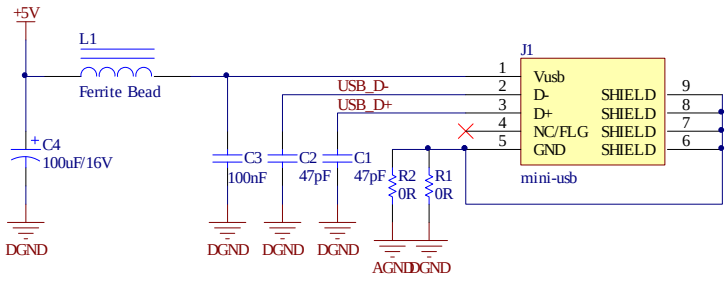
Agar mikrokontroler tersebut dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, maka dibutuhkan suatu sistem minimum dari mikrokontroler tersebut, yang terdiri dari beberapa rangkaian pasif penunjang. Gambar 4.2 menunjukan sistem minimum mikrokontroler PIC18F4550.



Gambar 4.2 Skematik Sistem Minimum Mikrokontroler PIC18F4550

4.2.2 Perancangan Rangkaian Konektifitas USB

Disini konektifitas USB memiliki 2 (dua) fungsi yang sangat penting, yaitu : sebagai penghubung peranti antarmuka USB antara perangkat dengan komputer dan juga sebagai sumber catu daya utama untuk perangkat *portable digital oscilloscope.*



Gambar 4.3 Skematik Konektifitas USB

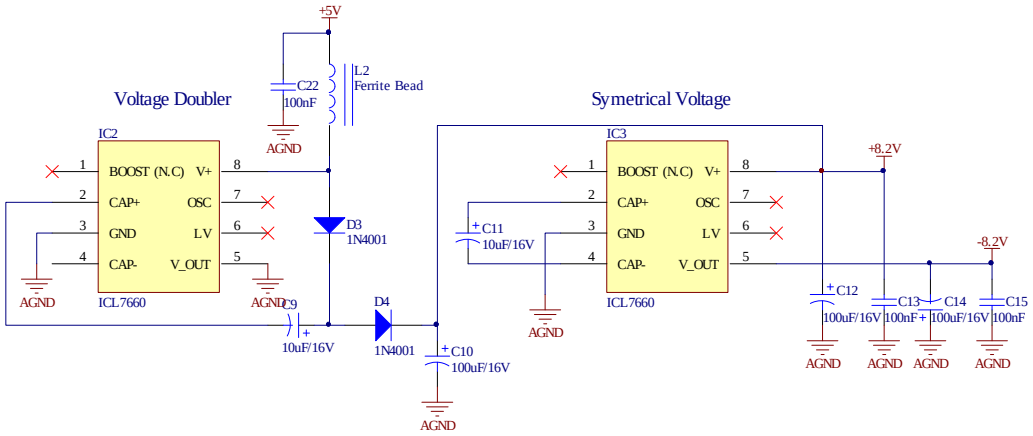
Catu daya utama untuk sistem perangkat ini sepenuhnya berasal dari *port* USB dimana terkadang tegangan yang diberikan tidak selamanya sesuai sebesar 5 Volt, karena biasanya tegangan yang diberikan oleh *port* USB berkisar diantara ~4.3 Volt hingga ~5.3 Volt. Namun tegangan tersebut masih dapat ditolelir oleh mikrokontroler PIC18F4550 sehingga tidak perlu menggunakan regulator tegangan untuk mensuplai tegangan pada sistemnya.

Tegangan yang berasal dari *port* USB tersebut memungkinkan terdapat *noise* sinyal didalamnya, sehingga dengan membuat kombinasi rangkaian antara kapasitor elektrolit C4, *ferrite-bead* L1, dan keramik kapasitor C3 akan menjadi rangkaian penstabil tegangan dan juga sebagai *filter* frekuensi tinggi yang berasal dari komputer dan dapat mengganggu sistem osiloskop.

4.2.3 Perancangan Rangkaian Pengganda Tegangan dan Pesimetris Tegangan

IC op-amp (*operational amplifier*) LF-353 bekerja dengan menggunakan catu daya simetris yang berarti menggunakan tegangan positif (+) dan tegangan negatif (-). Karena catu daya utama sistem ini berasal dari *port* USB maka tegangan yang didapat hanya tegangan positif sebesar +5 Volt sehingga memerlukan rangkaian pensimetris tegangan. IC op-amp sebagai penguat idealnya dapat bekerja menguatkan sinyal dengan baik sekitar 60% hingga 70% dari tegangan catu op-amp pada sinyal hasil penguatannya. Sebagai contoh apabila tegangan catu op-amp yang digunakan adalah +5 Volt dan -5 Volt maka sinyal penguatan maksimal terbaiknya hanya didapatkan sebesar +- 3.25 Volt saja, lebih dari itu maka sinyal hasil penguatannya akan terpotong pada tegangan +- 4.5 Volt. Sehingga bila diinginkan sinyal penguatannya didapatkan berkisar di antara +- 5 Volt maka tegangan catu untuk op-amp nya harus lebih dari +7.5 Volt dan -7.5 Volt.

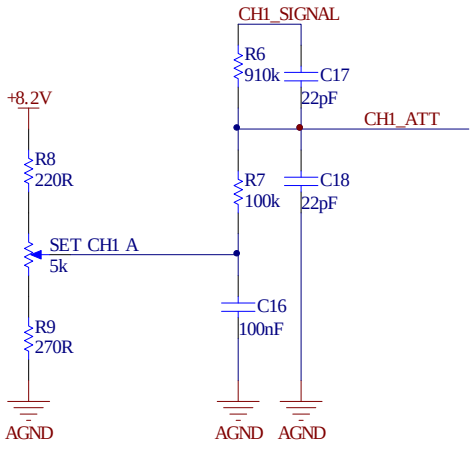
Karena catu daya sistem hanya mampu mensuplai tegangan sebesar +5 Volt, maka diperlukan rangkaian pengganda tegangan sehingga didapat tegangan diantara +- 9 Volt (asumsi terdapat *loss* pada rangkaian pengganda tegangan). Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan IC *switching capacitor* yang mampu menggandakan tegangan masukan, dan juga membuat tegangan simetris. Rangkaian pengganda tegangan dan pembuat tegangan simetris diperlihatkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Pengganda Tegangan dan Pesimetris Tegangan

4.2.4 Perancangan Rangkaian *Attenuator*

Rangkaian *attenuator* berfungsi untuk melemahkan sinyal masukan, sehingga sinyal dipastikan tidak melebihi kemampuan pembacaan oleh ADC mikrokontroler, karena apabila tegangan sinyal masukan melebihi kemampuan tegangan masukan untuk ADC maka dapat merusak ADC pada mikrokontroler.

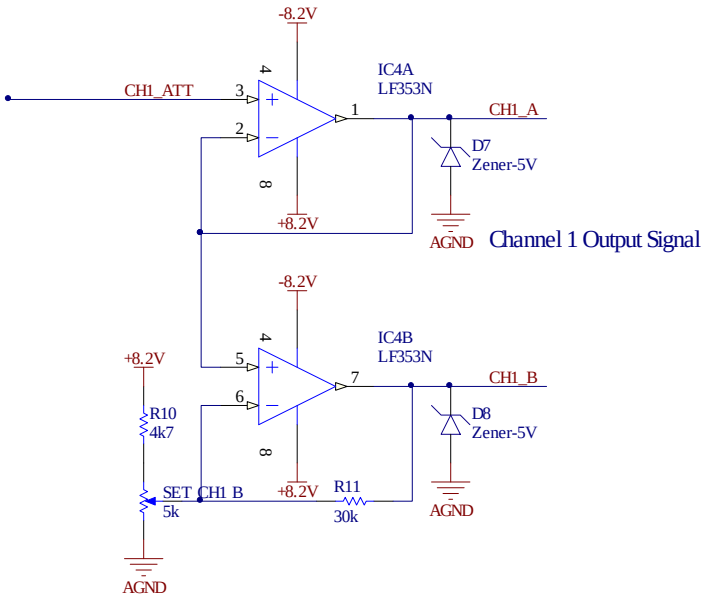


Gambar 4.5 Rangkaian *Attenuator* Sinyal Masukan

Rangkaian *attenuator* pada Gambar 4.5 pada prinsipnya bekerja selayaknya resistor pembagi tegangan, dimana sinyal masukan akan dilemahkan sebesar 10x oleh resistor R6 dan R7, sehingga sinyal yang tadinya memiliki

amplitudo yang besar akan dilemahkan pada sisi tersebut. Karena ADC mikrokontroler hanya dapat bekerja pada rentang tegangan 0 hingga 5 Volt, maka diperlukan juga sebuah rangkaian penggeser nilai *offset*, dimana hal tersebut akan menggeser sinyal yang berada dibagian tegangan negatif untuk naik ke bagian positif (tegangan dibuat lebih besar dari 0 Volt) karena biasanya sinyal analog memiliki amplitudo simetris di daerah positif dan negatif. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan konfigurasi rangkaian yang dibentuk oleh resistor R8, R9 dan *variable* resistor *SET_CH1_A* pada Gambar 4.5.

4.2.5 Perancangan Rangkaian *Amplifier* Sinyal



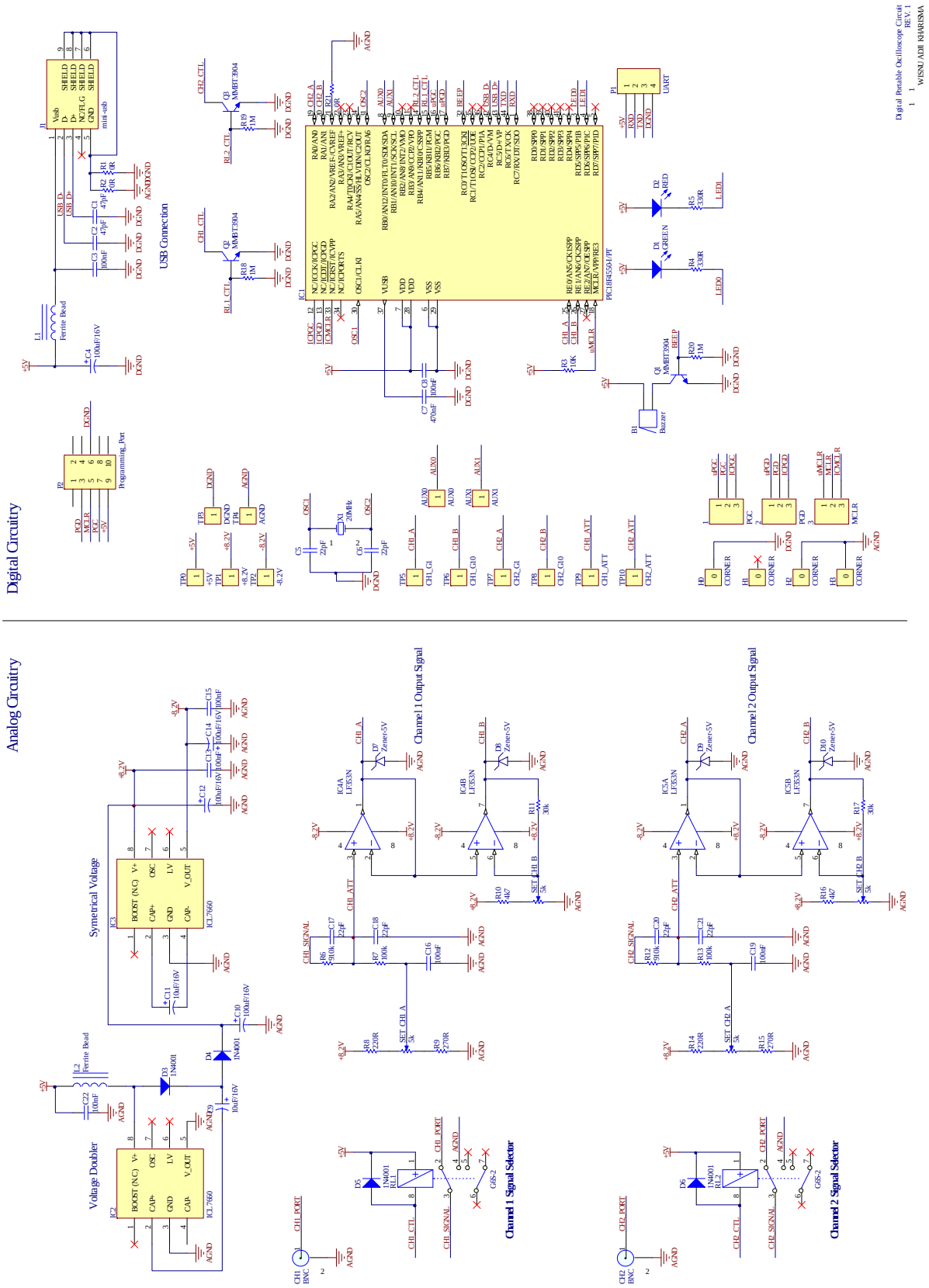
Gambar 4.6 Rangkaian Penguat Sinyal

Gambar 4.6 secara garis besar menunjukan rangkaian penguat menggunakan op-amp LF-353, didalam IC LF-353 terdapat 2 (dua) buah op-amp identik sehingga kedua op-amp tersebut dapat dimanfaatkan untuk penguatan sinyal 1x dan penguatan sinyal 10x. Untuk rangkaian op-amp dengan penguatan sinyal 1x ditunjukkan pada rangkaian op-amp IC4A dimana sinyal masukan yang

berasal dari rangkaian *attenuator* masuk ke pin 3 IC LF-353, selanjutnya keluaran op-amp 1 pada pin 1, di umpan balikan secara langsung ke pin masukan *inverting* op-amp 1 pada pin 2 rangkaian tersebut biasanya disebut juga dengan rangkaian *buffer* sinyal. Sedangkan untuk rangkaian op-amp dengan penguatan sinyal 10x ditunjukkan pada rangkaian op-amp IC4B dimana sinyal masukan berasal dari sinyal hasil keluaran rangkaian *buffer* (dari pin 1 IC LF-353) masuk ke bagian *non-inverting* op-amp pada pin 5, keluaran dari op-amp 2 pada pin 7 ini kemudian di umpan balikan ke bagian masukan *inverting* op-amp pada pin 6 dengan terlebih dahulu melewati resistor R11, agar didapatkan penguatan sebesar 10x dengan nilai *offset* sinyal yang tetap harus bersesuaian dengan nilai *offset* sinyal pada sinyal hasil keluaran dari rangkaian *attenuator*, maka ditambahkan suatu konfigurasi rangkaian penggeser *offset* sinyal yang juga berfungsi sebagai faktor penguatan op-amp 2 melalui rangkaian resistor R10 dengan *variable* resistor *SET_CH1_B* pada Gambar 4.6.

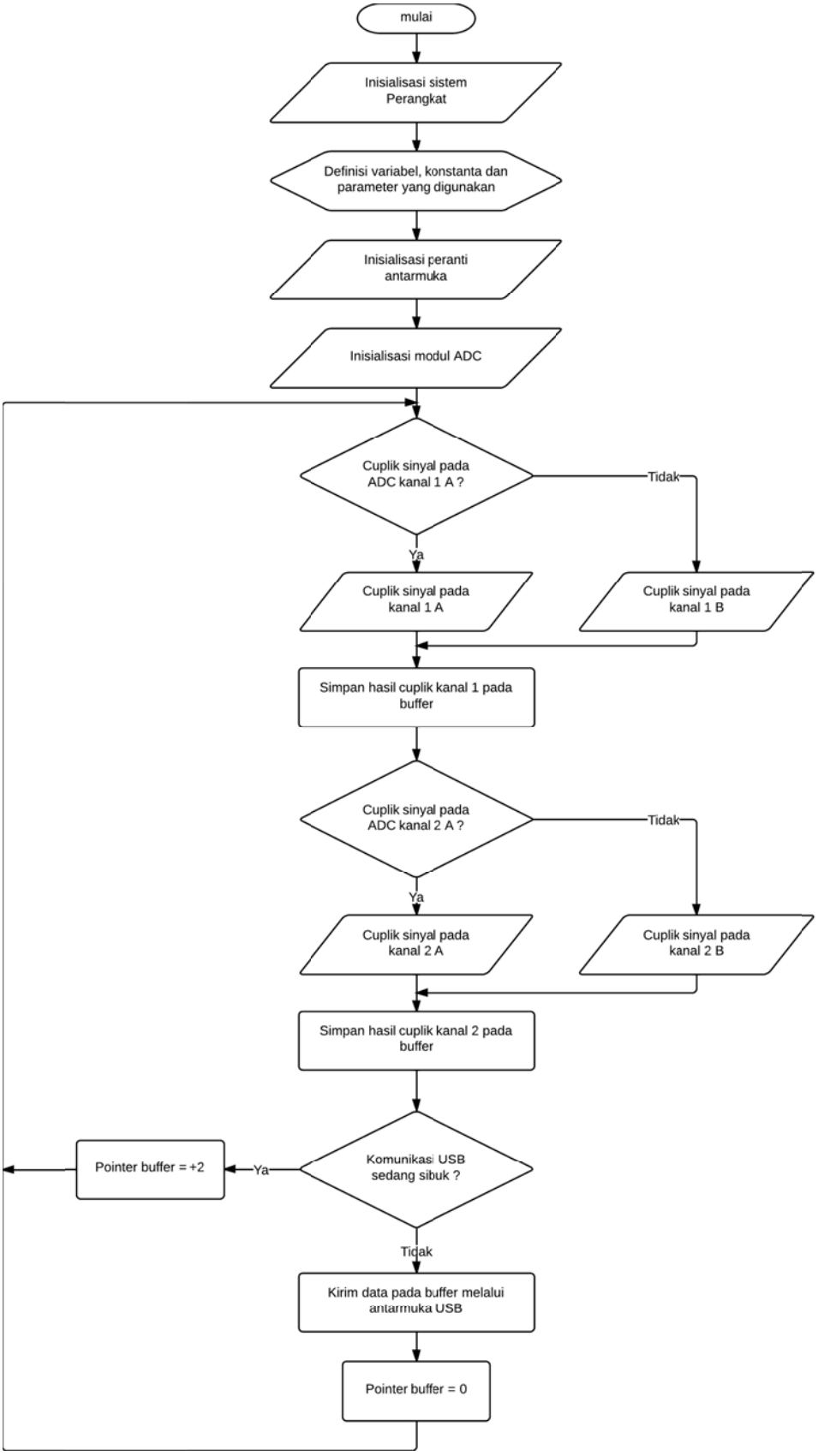
Dioda zener dengan nilai 5V1 pada D7 dan D8 berfungsi untuk menjaga tegangan keluaran hasil penguatan tetap berkisar diantara 0 hingga ~5.1 Volt agar sinyal keluaran dari rangkaian *amplifier* tidak merusak peranti ADC pada mikrokontroler.

Dari perancangan setiap bagian-bagian tersebut maka akan didapatkan perancangan sistem secara keseluruhan yang ditunjukan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Skematik Rangkaian Sistem *Portable Digital Oscilloscope* Secara Keseluruhan.

4.3 Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler (*Firmware*)



Gambar 4.8 Diagram Alir Program Mikrokontroler

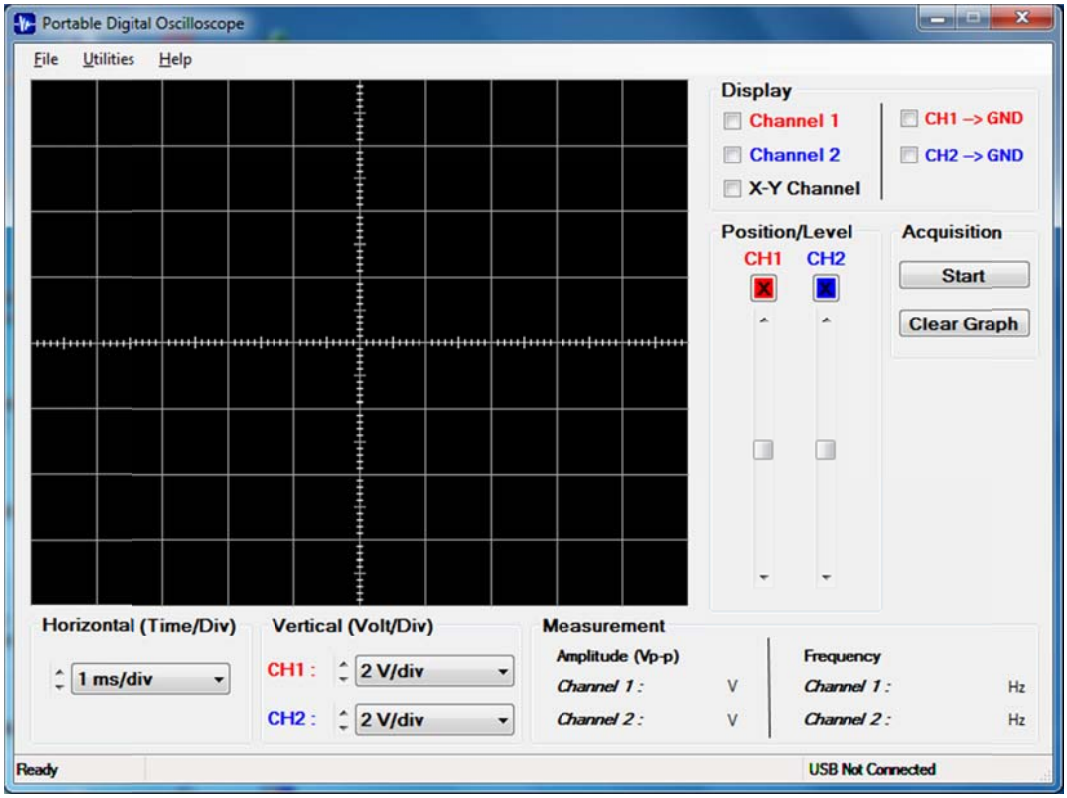
Perangkat lunak mikrokontroler (*firmware*) digunakan untuk mengatur kerja dari mikrokontroler pada sistem tersebut agar dapat berjalan sebagaimana mestinya. Perangkat lunak mikrokontroler dirancang menggunakan bahasa pemograman tingkat tinggi, yaitu bahasa C. Dengan menggunakan program aplikasi MPLAB IDE yang merupakan aplikasi yang khusus digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak untuk mikrokontroler keluaran *Microchip* dan dengan bantuan C18 *Compiler* sebagai *toolkit*-nya, maka pembuatan program aplikasi pun dapat dengan mudah dikerjakan.

4.4 Perancangan Program Aplikasi Komputer (*Software*)

Pada perancangan program aplikasi komputer, digunakan Visual Studio yang merupakan IDE (*Integrated Development Environment*) produk dari perusahaan ternama *Microsoft* yang memang biasa diguanakan untuk perancangan aplikasi komputer berbasis GUI (*Graphical User Interface*).

Pada IDE Visual Studio terdapat beberapa bahasa pemograman yang dapat digunakan seperti : *Visual C++, Visual C, Visual C# (C Sharp), Visual Basic, Visual J#,* dan *Visual F#.* Namun untuk pengerjaan tugas akhir ini bahasa pemograman yang akan digunakan adalah bahasa pemograman *Visual C#* (*C Sharp*), karena bahasa pemograman tersebut telah bersifat OOP (*Object Oriented Program*) sehingga program dapat dibuat lebih fleksibel.

Selain itu keuntungan pemograman menggunakan visual studio yang berbasis *.Net Framework* seperti *Visual C#* adalah karena dapat dijalankan pada sistem operasi lain selain Windows asalkan terdapat *runtime .Net Framework* pada sistem operasinya.



Gambar 4.9 Tampilan Aplikasi Komputer

Tabel 4.1 *Tools* yang Dipergunakan pada Program Aplikasi Komputer

No.	*Tools*	Nama	Properti	Keterangan
1.	*Menu Strip*	menuStrip	Items : *Collection*	Pada *tools* ini berisikan *menu bar*. Seperti menu *File, Utilities, Help.*
2.	*Check Box*	cb_CH1	Text : Channel 1	*Checkbox* ini digunakan untuk memilih kanal 1 sebagai masukan yang akan digunakan / diaktifkan.
3.	*Check Box*	cb_CH2	Text : Channel 2	*Checkbox* ini digunakan untuk memilih kanal 2 sebagai masukan yang akan digunakan / diaktifkan.
4.	*Check Box*	cb_gnd_CH1	Text : CH1 → GND	*Checkbox* ini digunakan untuk membuat *ground* pada masukan kanal 1.
5.	*Check Box*	cb_gnd_CH2	Text : CH2 → GND	*Checkbox* ini digunakan untuk membuat *ground* pada masukan kanal 2.

Tabel 4.1 *Tools* yang Dipergunakan pada Program Aplikasi Komputer (lanjutan)

No.	*Tools*	Nama	Properti	Keterangan
6.	*Check Box*	cb_xy_channel	Text : X-Y Channel	*Checkbox* ini digunakan untuk mengukur menggunakan metode *liseajous*.
7.	*Button*	btn_start	Text : Start	Tombol ini berfungsi untuk memulai melakukan pengukuran menggunakan osiloskop.
8.	*Button*	btn_clear	Text : Clear Graph	Tombol ini digunakan untuk membersihkan layar osiloskop dan mengembalikan ke keadaan awal.
9.	*Scrollbar*	ch1_pos	Direction : Vertical	Scrollbar digunakan untuk mengatur offset sinyal kanal 1.
10.	*Scrollbar*	ch2_pos	Direction : Vertical	Scrollbar digunakan untuk mengatur offset sinyal kanal 2.
11.	*Group Box*	gb_horizontal	Text : Horizontal (Time/Div)	*Groupbox* digunakan untuk mengelompokan beberapa *tools* didalam satu daerah.
12.	*Combo Box*	cb_time_div	Items : Collection	*ComboBox* ini berisikan parameter nilai time/div yang dapat digunakan.
13.	*Group Box*	gb_vertical	Text : Vertical (Volt/Div)	*Groupbox* ini digunakan untuk mengelompokan beberapa *tools* didalam satu daerah.
14.	*Combo Box*	comboBox_CH1	Items : Collection	*ComboBox* ini berisikan parameter nilai volt/div yang dapat digunakan oleh kanal 1.
15.	*Combo Box*	comboBox_CH2	Items : Collection	*ComboBox* ini berisikan parameter nilai volt/div yang dapat digunakan oleh kanal 2.
16.	*Label*	lb_vpp_CH1 lb_freq_CH1	Text : .... V Text : .... Hz	*Label* ini digunakan untuk menampilkan nilai Vpp dan frekuensi yang terukur.
17.	*Label*	lb_vpp_CH2 lb_freq_CH2	Text : .... V Text : .... Hz	*Label* ini digunakan untuk menampilkan nilai Vpp dan frekuensi yang terukur.
18.	*Drawing*	draw_graph	-	*Drawing* ini digunakan untuk menggambarkan grafik sinyal pada program aplikasi.
19.	*Status Bar*	statusBar1	Items : Collection	*StatusBar* ini digunakan untuk menampilkan informasi umum aplikasi.