

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA GELOMBANG SEISMIK
BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3069F**

SKRIPSI

Oleh

MOHAMAD KURNADI

0305020608



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
2009**

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA GELOMBANG SEISMIK
BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3069F**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh

MOHAMAD KURNADI

0305020608



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : MOHAMAD KURNADI

NPM : 0305020608

Tanda Tangan :

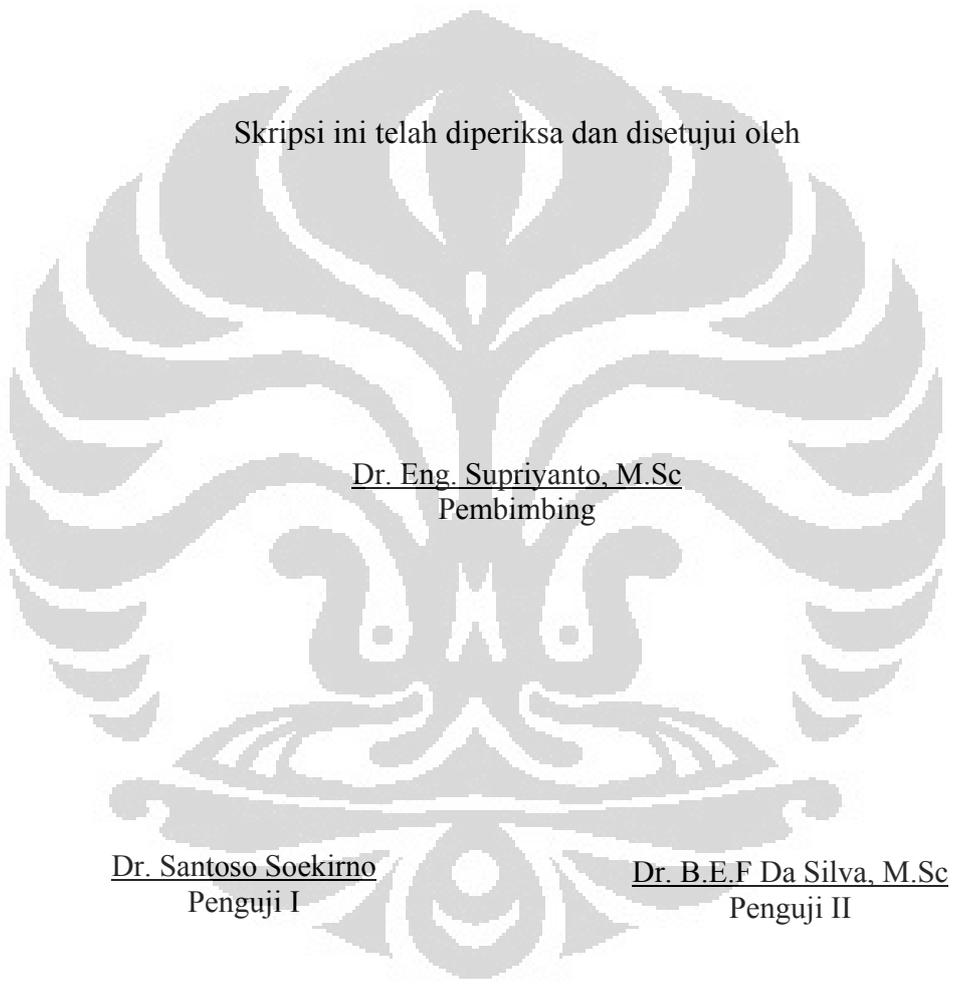
Tanggal : 30 November 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : MOHAMAD KURNADI
NPM : 0305020608
Program Studi : INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
Judul Skripsi : PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA
GELOMBANG SEISMIK BERBASIS
MIKROKONTROLER H8/3069F

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh



Dr. Eng. Supriyanto, M.Sc
Pembimbing

Dr. Santoso Soekirno
Penguji I

Dr. B.E.F Da Silva, M.Sc
Penguji II

Dr. Santoso Soekirno
Ketua Departemen Fisika

KATA PENGANTAR

Puji syukur hanya kepada Allah SWT yang selalu memberikan anugerah terindah-Nya kepada penulis dan telah menuntun penulis menuangkan tiap untaian kata sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Departemen Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa dari banyak pihak, sejak masa perkuliahan hingga selesainya penyusunan skripsi ini. Untuk itu, ucapan terimakasih penulis haturkan kepada kepada:

1. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa sejak awal dimulainya pendidikan hingga selesainya skripsi ini.
Ibu yang selalu menda'akanku dan selalu mendukungku setiap saat, Bapak yang sangat mengharapkan kesuksesanku, mba Kus yang selalu sabar dan tegar (salut buat mba dah), dan kaka dan adikku yang lain.
2. Dr. Eng. Supriyanto, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam segala hal, baik dalam ilmu pengetahuan, nasehat, dorongan, semangat serta segala fasilitas yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Kak Muchtar dan Mas Sukarno, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk diskusi dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
4. Para penghuni CISCO Fisika UI, Bpk Dwi Seno, Bpk Arief, Bpk Gindo, Kak Azis, Kak Alfa, Kak Tio, penghuni Cisco (Rizki), dkk yang telah bersedia berdiskusi dan memfasilitasi tempat penelitian, tempat santai, dan tempat bermalam yang insya Allah aman dan nyaman.
5. Teman-teman seperjuangan tugas akhir: Tiwi, Nurma, Idha, Dian, Nendar, Surya, Rahma, Banshu, Syahrul, dkk.
6. Teman-teman fisika 2005, yang telah memberikan banyak dukungan baik moral maupun materil. *Especially* Fandi, Imam, Dedi, Surya, Tiwi, Nurma

yang udah bantuin ngambil data, Trims banget yah...semoga Allah membalas dengan pahala yang berlipat ganda.

Thank's for all friends, semoga Allah SWT membalas semuanya dengan yang lebih baik. Semua kisah kita akan selalu menjadi lembaran terindah yang tak akan terlupa.

7. Teman-teman fisika 2005, 2006, 2007, dan 2008 yang telah banyak membantu selama proses pembuatan tugas akhir ini. Terima kasih juga buat Lia06 *and the geng* yang udah mau jadi korektor draft, makasih y.
8. Seluruh dosen dan karyawan departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
9. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi 'guru' dalam kehidupan penulis.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi orang-orang yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Depok, 30 November 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohamad Kurnadi
NPM : 0305020608
Program Studi : Instrumentasi Elektronika S1 Reguler
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA GELOMBANG SEISMIK
BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3069F**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*Database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 30 November 2009

Yang menyatakan

(Mohamad Kurnadi)

Nama : Mohamad Kurnadi
Npm : 0305020608
Judul : Perancangan Sistem Akuisisi Data Gelombang Seismik
Berbasis Mikrokontroler H8/3069F

ABSTRAK

Metode akuisisi data gelombang seismik dimulai dari pengambilan, pengumpulan, dan pemrosesan data getaran yang muncul di permukaan bumi akibat adanya penjalaran gelombang elastik di bawah permukaan bumi. Metode ini berguna untuk mendapatkan citra bawah permukaan bumi. Dengan pencitraan tersebut, akan didapatkan informasi mengenai batas litologi batuan, dugaan lokasi keberadaan fluida, maupun sumber daya alam lainnya. Pencitraan tersebut didasari oleh sifat penjalaran dan pemantulan gelombang yang dipengaruhi, parameter fisika batuan seperti densitas, porositas, dan kecepatan gelombang pada medium batuan. Sistem akuisisi ini menggunakan mikrokontroler 16 bit H8/3069F dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) internal 10 bit. ADC internal mikrokontroler 16-bit H8/3069F memiliki delapan kanal input sehingga cocok diaplikasikan pada sistem akuisisi data multikanal. GUI (*Graphical User Interface*) yang berfungsi untuk mengoperasikan sistem dirancang berbasis Python 2.5 yang merupakan program *open-source* dan *multi platform*. Sistem ini dilengkapi dengan MySQL sebagai sistem penyimpanan data. Data yang diperoleh merupakan amplitudo gelombang seismik yang diterima sensor *geophone* pada interval waktu tertentu. Rancangan sistem ini diharapkan menjadi alternatif sistem akuisisi data gelombang seismik yang relatif murah.

Kata kunci: Akuisisi, seismik, pencitraan, mikrokontroler, ADC, multikanal, GUI, Python 2.5, *database*.

Name : Mohamad Kurnadi
Department : Physics
Title of essay : *Designing Seismic Waves Data Acquisition System Based on Microcontroller H8/3069F*

ABSTRACT

Method of seismic wave data acquisition starts from making, collecting, and processing of vibration data that appears in the earth's surface due to elastic waves spread beneath the surface of the earth. This method is useful for obtaining the image of the earth's surface. With such imaging, the information about the limits of rock litologi, suspected location of the fluid, or other natural resources will be obtained. Imaging is based on the nature of the spreading and reflection waves that influenced rock physics parameters such as density, porosity, and the wave velocity in the medium of rock. This acquisition system using 16-bit microcontroller H8/3069F with ADC (Analog to Digital Converter) 10-bit internally. Internal ADC 16-bit microcontroller H8/3069F has eight input channels so that the match was applied to the multichannel data acquisition system. GUI (Graphical User Interface) which serves to operate the system is designed based on Python 2.5 which open source and multi platform. This system is equipped with MySQL as a data storage system. Data obtained is an amplitude of seismic waves received by geophone sensors at intervals. The design of this system is expected to be an alternative system of seismic wave data acquisition is relatively inexpensive.

Keywords: *Acquisition, seismic, imaging, microcontroller, ADC, multichannel, GUI, Python 2.5, database.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 Gelombang	6
2.2 Gelombang Seismik.....	6
2.2.1 Jenis-Jenis Gelombang seismik.....	8
2.2.2 Prinsip Perambatan Gelombang Seismik	10
2.3 <i>Geophone</i>	13
2.3.1 Prinsip Kerja <i>Geophone</i>	14
2.3.2 Solusi Homogen	16
2.3.3 Solusi Khusus.....	18
2.3.4 Solusi Umum.....	18
2.3.5 Sensitivitas <i>Geophone</i>	21
2.4 Penguat Instrumentasi	22
2.5 Rangkaian Filter	23
2.6 Rangkaian <i>Clamper</i>	25
2.7 <i>Analog to Digital Converter</i> (ADC).....	26
2.8 Komunikasi Serial	29
2.8.1 Max-232	33
2.9 Mikrokontroler H8/3069F	34
2.10 Python.....	40
2.11 <i>DataBase</i> MySQL	39
BAB 3 PERANCANGAN ALAT.....	42
3.1 Perangkat Keras	42
3.1.1 Rangkaian Penguat Instrumentasi	43
3.1.2 Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	44
3.1.3 Rangkaian <i>Clamper</i>	47
3.1.4 Pengkonversi Analog ke Digital Internal Mikrokontroler H8/3069F	47

3.2 Perangkat Lunak	51
3.2.1 Pemrograman ADC Internal Mikrokontroler H8/3069F	51
3.2.2 Pemrograman Tampilan GUI (<i>Graphical User Interface</i>) Python	53
3.2.3 Penyimpanan Data	54
BAB 4 ANALISA HASIL PENELITIAN	56
4.1 Perangkat Keras	56
4.1.1 Uji keluaran <i>geophone</i>	56
4.1.2 Uji Rangkaian Penguat Instrumentasi	57
4.1.3 Uji Rangkaian <i>Low Pass Filter</i>	59
4.1.4 Uji Linearitas Rangkaian ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>) Internal Mikrokontroler H8/3069F	62
4.1.5 Uji Sistem Akuisisi Data Gelombang Seismik	65
4.2 Perangkat Lunak	65
4.2.1 Pemrograman ADC Internal Mikrokontroler H8/3069F Mode <i>Scan</i>	65
4.2.2 Pemrograman GUI Python Sistem Akuisisi Data Gelombang . Seismik	67
4.3 Hasil Data Lapangan	68
BAB 5 PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR ACUAN	73

DAFTAR TABEL

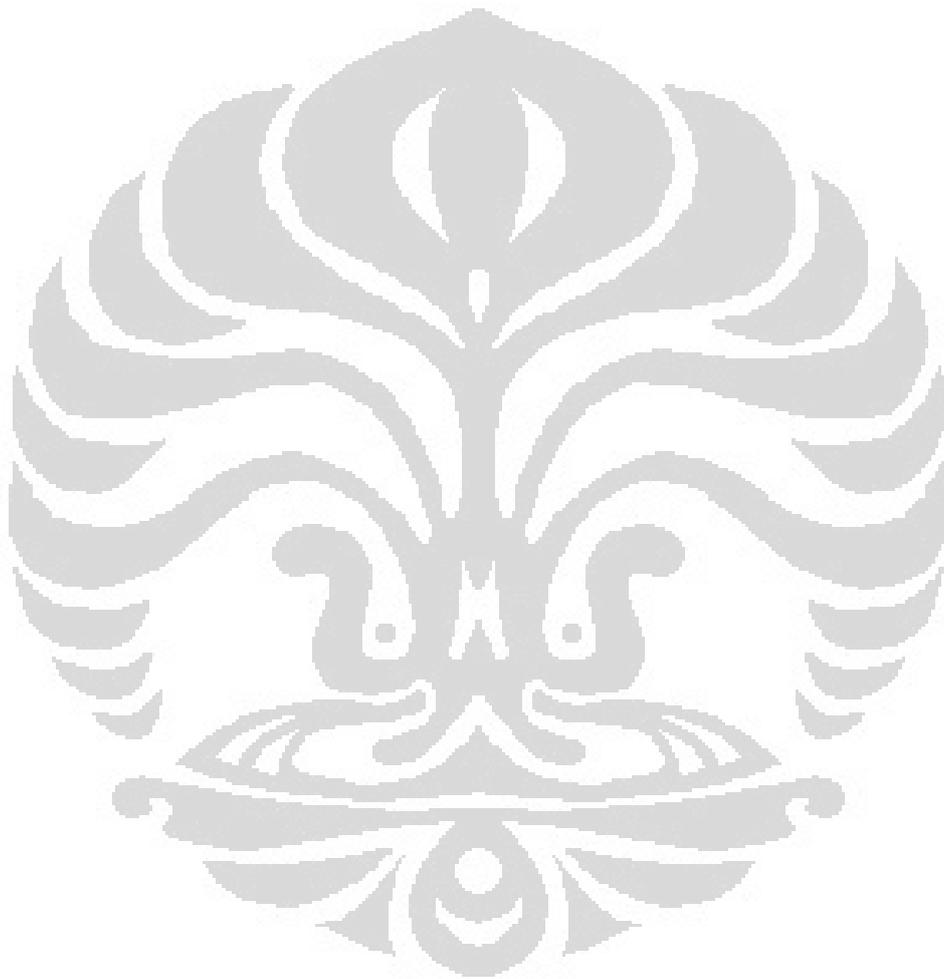
Tabel 2.1. Daftar fungsi Pin DB-25 dan DB-9	31
Tabel 2.2. Standar port address	32
Tabel 3.1. Konfigurasi register ADC internal mikrokontroler H8/3069F	48
Tabel 3.2. Konfigurasi pin ADC internal mikrokontroler H8/3069F.....	49
Tabel 3.3 Posisi DIP <i>Switch</i> mode <i>writing</i>	53
Tabel 3.4 Posisi DIP <i>switch</i> mode <i>reading</i>	53
Table 4.1 Data penguatan rangkaian penguat instrumentasi.....	56
Tabel 4.2 Nilai input dan output pada filter setiap variasi kenaikan frekuensi 5 Hz	58
Tabel 4.3 Tegangan <i>input</i> dan <i>output</i> pada ADC internal mikrokontroler H8/3069F.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Skematik perancangan sistem	3
Gambar 1.2	Alur tahap penelitian	4
Gambar 2.1	Sinyal seismik akibat pemampatan dan peregangan partikel medium oleh sumber usikan	7
Gambar 2.2	Gelombang primer	8
Gambar 2.3	Gelombang sekunder	9
Gambar 2.4	Gelombang <i>Rayleigh</i>	10
Gambar 2.5	Gelombang <i>Love</i>	10
Gambar 2.6	Hukum Snellius	12
Gambar 2.7	Perambatan gelombang seismik pada lapisan bumi	12
Gambar 2.8	<i>Geophone</i>	14
Gambar 2.9	Model sensor geophone dengan satu derajat kebebasan (a) Model geophone; (b) Massa lilitan yang bergerak bebas	15
Gambar 2.10	Bentuk-bentuk solusi homogen	17
Gambar 2.11	Bentuk solusi umum	19
Gambar 2.12	Fungsi respon frekuensi	20
Gambar 2.13	Sensor <i>geophone</i> dengan analisis rangkaian	21
Gambar 2.14	Rangkaian penguat instrumentasi	23
Gambar 2.15	Respon <i>low pass filter</i>	24
Gambar 2.16	Respon <i>high pass filter</i>	24
Gambar 2.17	Respon <i>band pass filter</i>	25
Gambar 2.18	Respon <i>band reject filter</i>	25
Gambar 2.19	Rangkaian <i>clamper</i> ; (a) <i>positive clamper</i> ; (b) <i>negative clamper</i>	26
Gambar 2.20	Rangkaian dasar <i>integrating converter</i>	27
Gambar 2.21	Rangkaian dasar SAR ADC	28
Gambar 2.22	Rangkaian <i>flash ADC</i> 3-bit	29
Gambar 2.23	Urutan Letak Pin Female RS232 DB-9	31
Gambar 2.24	Urutan Letak Pin Male RS232 DB9	31
Gambar 2.25	Konfigurasi pin MAX232	33
Gambar 2.26	Diagram Logika MAX232	33

Gambar 2.27	Rangkaian Sederhana MAX232.....	34
Gambar 2.28	Perkembangan Mikrokontroler H8	34
Gambar 2.29	Daftar perkembangan mikrokontroler yang menggunakan mikroprocessor H8/300H.....	35
Gambar 2.30	Fitur-fitur dari mikrokontroler H8/3069F.....	36
Gambar 2.31	Peta memori mode <i>single-chip</i>	39
Gambar 3.1	Blok diagram sistem akuisisi data seismik	43
Gambar 3.2	Konfigurasi pin IC TL084.....	43
Gambar 3.3	Perancangan rangkaian penguat instrumentasi	44
Gambar 3.4	Skematik rangkaian <i>low pass filter</i> orde II	45
Gambar 3.5	Blok diagram ADC internal mikrokontroler H8/3069F.....	48
Gambar 3.6	<i>Read only register</i> 16 bit.....	49
Gambar 3.7	<i>A/D Control/Status Register</i> (ADCSR).....	51
Gambar 3.8	<i>A/D control register</i> (ADCR)	51
Gambar 3.9	Alur operasi ADC mode <i>scan</i>	52
Gambar 3.10	Langkah-langkah saat melakukan <i>writing</i> program ADC internal mikrokontroler H8/3069F	53
Gambar 3.11	Flowchart tampilan GUI Python.....	54
Gambar 3.12	<i>Database MySQL</i>	55
Gambar 4.1	Gelombang keluaran <i>geophone</i>	56
Gambar 4.2	Grafik penguatan rangkaian penguat instrumentasi.....	58
Gambar 4.3	Input dan output rangkaian penguatan instrumentasi.....	59
Gambar 4.4	Grafik respon frekuensi <i>low pass filter</i>	61
Gambar 4.5	Respon input dan output <i>low pass filter</i> terhadap kenaikan frekuensi	61
Gambar 4.6	(a) Respon output desimal terhadap tegangan input (b) Respon tegangan konversi terhadap tegangan input ADC internal mikrokontroler H8/3069F	64
Gambar 4.7	Pengujian sistem terhadap sinyal diatas frekuensi <i>cutoff</i>	65
Gambar 4.8	<i>Flowchart</i> pemrograman adc internal mikrokontroler H8/3069F mode <i>scan</i>	66
Gambar 4.9	Hasil konversi ADC pada <i>hyperterminal</i>	67

Gambar 4.10	GUI sistem akuisisi data gelombang seismik	68
Gambar 4.11	Uji sistem terhadap sumber getaran buatan dengan jarak 10 cm...68	
Gambar 4.12	Uji sistem terhadap sumber getaran buatan dengan jarak 1 m.....69	
Gambar 4.13	Konfigurasi sumber getaran dengan <i>geophone</i>70	
Gambar 4.14	Gelombang keluaran konfigurasi <i>mid line split spread point</i>70	
Gambar 4.15	Gelombang keluaran konfigurasi <i>off-end reverse shot point</i>70	



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Mikrokontroler 16 bit H8/3069F telah diaplikasikan pada pengontrolan putaran lengan robot (Wicaksono, 2007), pengontrolan temperatur di dalam ruang inkubator bayi (Putra, 2008), dan pada rancangan osiloskop digital (Alfa JK, 2008). Akan tetapi, semua aplikasi tersebut belum menggunakan sensor yang mengeluarkan fluktuasi tegangan yang tinggi sebagaimana keluaran sensor *geophone*.

Geophone adalah sensor yang berfungsi mengubah getaran mekanik menjadi sinyal listrik yang terjadi karena gerak relatif antara koil dengan magnet di dalamnya (Telford, 1976). Sensor ini digunakan pada proses akuisisi gelombang seismik di daerah yang diduga mengandung hidrokarbon seperti minyak dan gas bumi. Sistem akuisisi gelombang seismik yang dijual di pasaran harganya relatif mahal karena masih impor dari luar negeri. Hal ini menjadi kendala tersendiri bagi perguruan tinggi dalam pengadaan sarana untuk praktikum geofisika. Untuk mengatasi kendala tersebut, pada penelitian ini saya akan membuat rancangan sistem akuisisi gelombang seismik multikanal dengan menggunakan delapan buah sensor *geophone*.

Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan, dan menyiapkan data hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki (Hasan, 1999). Salah satu sistem akuisisi data tersebut adalah sistem akuisisi data gelombang seismik dengan input multikanal.

Gelombang seismik adalah gelombang mekanis yang muncul akibat adanya getaran pada permukaan bumi (Lowrie, 2007). Sistem akuisisi ini menggunakan metode seismik yang memanfaatkan penjaralan gelombang akustik atau elastik di bawah permukaan bumi untuk mendapatkan informasi mengenai litologi dan fluida bawah permukaan bumi sehingga kita dapat menentukan keberadaan air ataupun sumber daya mineral lainnya (Kirsch, 2006).

Sistem akuisisi data gelombang seismik dengan input multikanal ini menggunakan mikrokontroler 16-bit H8/3069F yang di dalamnya terdapat *microprocessor* H8/300h. Penggunaan mikrokontroler keluarga H8 dimaksudkan untuk mempermudah migrasi pembelajaran dari mikrokontroler 8-bit ke 16-bit. Disamping itu mikrokontroler H8/3069F juga memiliki *pheriper* dan fitur yang lebih banyak serta konsumsi power yang lebih rendah sehingga menjadikannya lebih baik (Renesas, 2009). Pengontrolan mikrokontroler H8/3069F ini menggunakan bahasa C dan dengan kompilator motorola yang membuat file format ".mot". Selain itu, sistem akuisisi data ini juga menggunakan GUI (*Graphic User Interface*) berbasis Python yang *open-source* dan *multiplatform* sehingga menjadikan sistem ini murah dan dapat dijalankan pada beberapa *platform/operating system* komputer. Dalam penyimpanan data, sistem ini menggunakan database MySQL.

Dengan memanfaatkan alat ini maka kebutuhan akan peralatan sistem akuisisi data seismik dapat diperoleh dengan biaya yang lebih murah dan menjamin ketepatan data yang dihasilkan.

1.2 Batasan Masalah

Pada perancangan sistem akuisisi data ini hanya dibatasi pada delapan input. Pada perancangan perangkat keras digunakan penguat instrumentasi, *low pass filter*, rangkaian *de clamper*, pengkonversi tegangan analog ke digital (*Analog to Digital Converter*) internal mikrokontroler H8/3069F, serta mikrokontroler H8/3069F sebagai pusat kontrol dan pengolahan data. Sedangkan pada perangkat lunaknya digunakan GUI (*Graphic User Interface*) yang menggunakan bahasa pemrograman Python sebagai media komunikasi antara pengguna dengan sistem dan database MySQL sebagai penyimpan data.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Mempelajari dan memahami akuisisi data dengan mikrokontroler H8/3069F.
2. Merancang sistem akuisisi data gelombang seismik dengan menggunakan Mikrokontroler H8/3069F dan GUI berbasis Python.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

a. Studi Peralatan

Studi peralatan digunakan penulis untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan, sehingga penulis mendapatkan pembelajaran yang tepat tentang alat yang akan dipakai.

b. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi, landasan teori, dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir penulis.

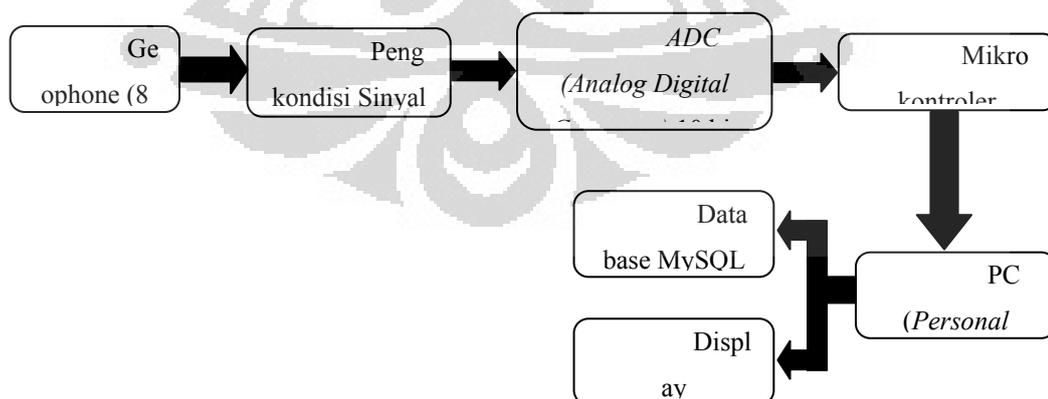
c. Penelitian Laboratorium

Penelitian laboratorium dilakukan untuk merakit, membuat alat, dan menganalisis alat yang telah dibuat.

d. Pengambilan Data

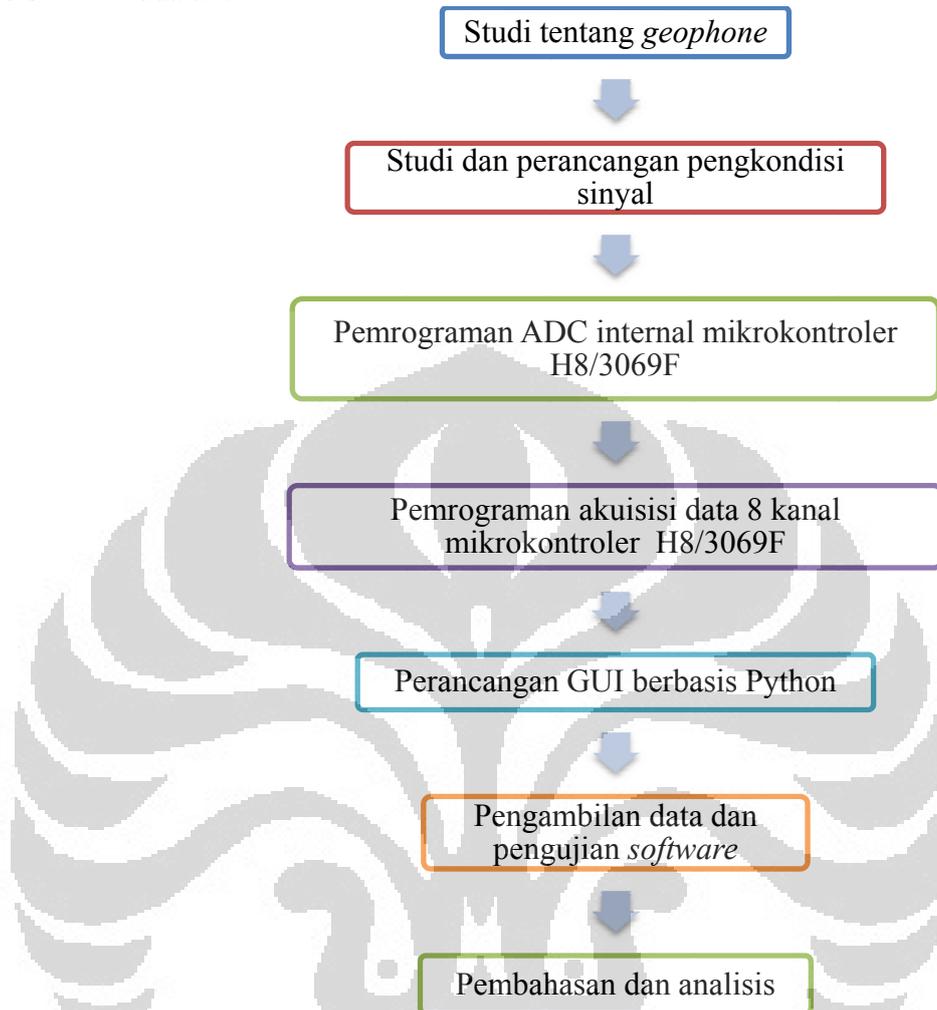
Data yang diambil adalah data *seismoelektrik* yang terdapat di lapangan.

Berikut ini merupakan skematik perancangan sistem akusisi data gelombang seismik:



Gambar 1.1 Skematik perancangan sistem

Adapun alur tahapan pada perancangan sistem akuisisi data gelombang seismik ini adalah:



Gambar 1.2 Alur tahap penelitian

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi terdiri dari lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini memuat tentang latar belakang dari penelitian, tujuan, metode yang digunakan, dan juga pembatasan masalah pada penelitian yang dilakukan.

2. Bab 2 Landasan Teori

Bab ini memuat secara garis besar teori dasar yang berhubungan dengan penelitian.

3. Bab 3 Perancangan Alat

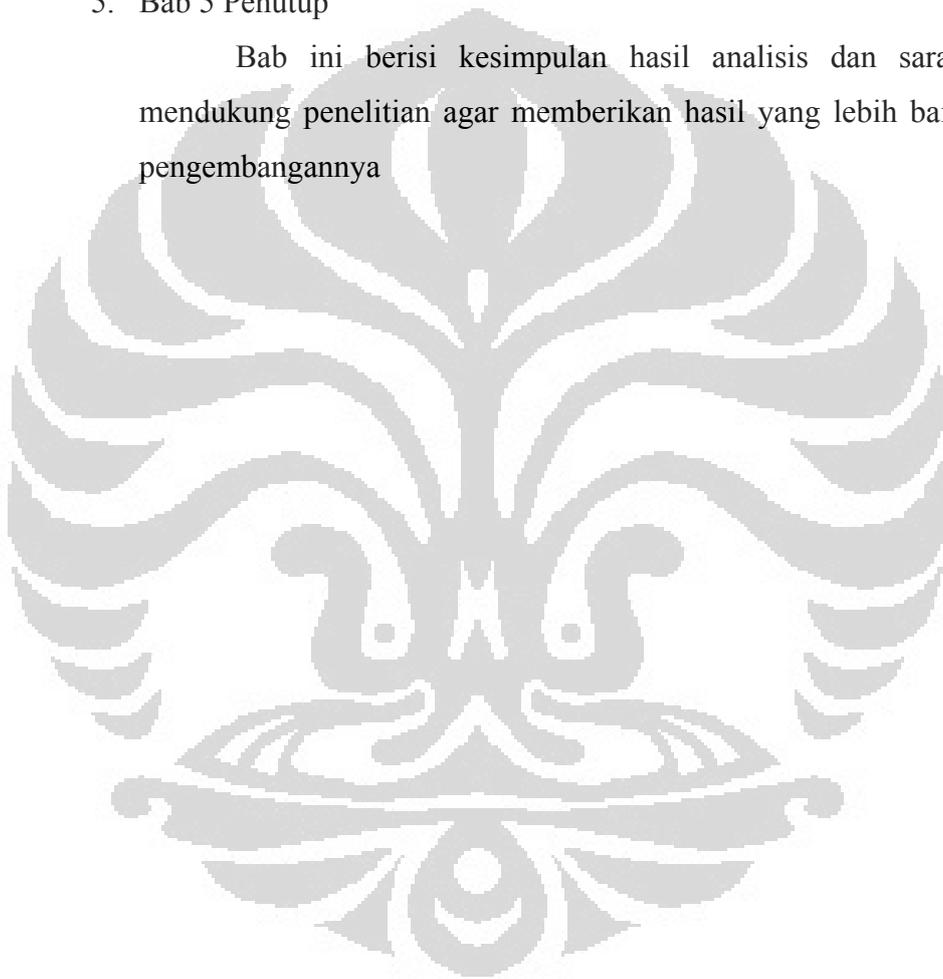
Bab ini memuat penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung aplikasi Python pada sistem akuisisi data gelombang seismik.

4. Bab 4 Analisis Hasil Penelitian

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil penelitian dan juga analisis dari sistem akuisisi data gelombang seismik yang telah dibuat.

5. Bab 5 Penutup

Bab ini berisi kesimpulan hasil analisis dan saran yang mendukung penelitian agar memberikan hasil yang lebih baik untuk pengembangannya



BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Gelombang

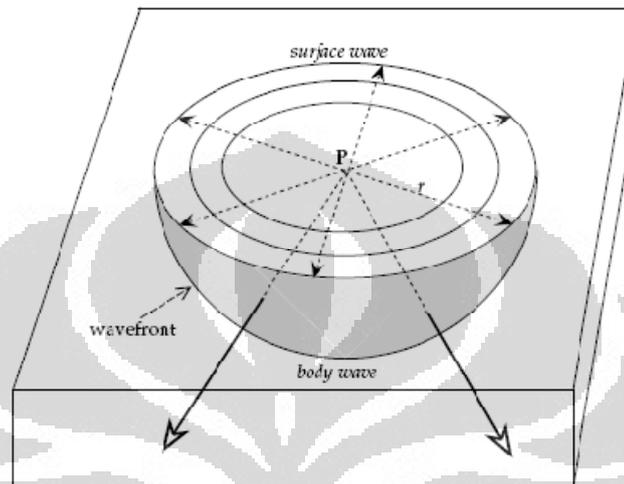
Dalam kehidupan sehari-hari kita tidaklah bisa terlepas dari keberadaan gelombang. Terdapat dua tipe utama gelombang, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik adalah gelombang yang memerlukan medium dalam perambatannya, contohnya gelombang suara, gelombang air, gelombang tali, dan sebagainya. Pada masing-masing contoh tersebut, medium gelombang akan mengalami gangguan sehingga gerak gelombang dapat dipandang sebagai perpindahan energi dan momentum dari satu titik di dalam ruang ke titik lain tanpa perpindahan materi. Sedangkan gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium dalam perambatannya. Beberapa contoh dari gelombang elektromagnetik adalah gelombang cahaya, gelombang radio, gelombang sinyal televisi, dan gelombang sinar-x.

Konsep gelombang bersifat abstrak. Sebagai contoh ketika kita melihat gelombang air, yang kita lihat adalah aliran pada permukaan air. Tanpa adanya air maka tidak terjadi gelombang air. Seperti halnya pada gelombang tali dan gelombang udara, keduanya tidak akan terjadi tanpa adanya tali dan molekul udara. Jadi, gelombang mekanik dapat dikatakan sebagai perambatan gangguan dalam medium rambatnya (Halliday, 1966).

2.2 Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang mekanik yang muncul akibat adanya getaran pada permukaan bumi. Perambatan gelombang seismik adalah perambatan gangguan pada medium elastik sehingga gelombang seismik disebut juga gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel medium terjadi akibat interaksi antara gaya gangguan melawan gaya-gaya elastik. Interaksi ini dapat menimbulkan gelombang longitudinal, gelombang transversal, dan kombinasi antara keduanya (Lowrie, 2007).

Pada dasarnya gelombang seismik juga merupakan suatu bentuk perambatan energi yang dalam perambatannya mengalami suatu gangguan. Gelombang ini merupakan gelombang suara yang merambat dalam medium elastik. Pada proses ini energinya dapat berubah bentuk menjadi energi gerak dan dapat dipantulkan ke tempat semula.



Gambar 2.1 Sinyal seismik akibat pemampatan dan peregangannya partikel medium oleh sumber usikan

Sumber gelombang seismik pada mulanya berasal dari gempa bumi alam yang dapat berupa gempa vulkanik maupun gempa tektonik. Akan tetapi dalam seismik eksplorasi sumber gelombang yang digunakan adalah gelombang seismik buatan. Ada beberapa macam sumber gelombang seismik buatan, seperti: dinamit, benda jatuh, *air gun*, *water gun*, *vaporchoc*, *sparker*, maupun *vibroseis*.

Sumber gelombang seismik buatan tersebut pada hakekatnya membangkitkan gangguan sesaat dan lokal yang disebut sebagai gradien tegangan (*stress*). Gradien tegangan mengakibatkan terganggunya keseimbangan gaya-gaya di dalam medium sehingga terjadi pergeseran titik materi yang menyebabkan deformasi yang menjalar dari suatu titik ke titik lain. Deformasi ini dapat berupa pemampatan dan perenggangan partikel-partikel medium yang menyebabkan osilasi densitas maupun rotasi partikel-partikel medium. Apabila medium bersifat elastik sempurna maka setelah mengalami deformasi sesaat tadi medium kembali ke keadaan semula.

Penyelidikan atau eksplorasi seismik merupakan aktivitas pencarian sumber daya alam dan mineral yang ada di bawah permukaan bumi dengan

bantuan gelombang seismik. Hasil rekaman yang diperoleh dari survei ini disebut dengan penampang seismik. Didalam eksplorasi seismik, dikenal dua macam metode, yaitu :

1. Metode seismik pantul, dan
2. Metode seismik bias.

2.2.1 Jenis-jenis Gelombang Seismik

Ekplorasi seismik didasarkan pada penjalaran dan pemantulan gelombang elastik didalam bumi. Kecepatan penjalaran dan amplitudo (kekuatan sinyal) gelombang tersebut bergantung pada jenis dan densitas batuan didalamnya (Kirsch, 2006).

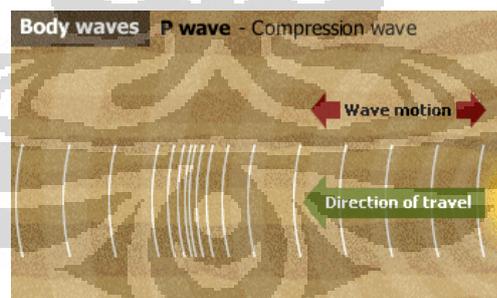
Secara garis besar gelombang seismik dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Menurut cara bergetarnya

Menurut cara bergetarnya gelombang seismik dibagi menjadi dua macam yaitu:

- a. Gelombang Primer (*longitudinal wave*)

Merupakan gelombang longitudinal yang arah gerakannya sejajar dengan arah perambatan gelombang. Peristiwa peregangan yang terjadi bergantian selama partikel-partikel padat yang berdekatan saling mendekat dan menjauh selama setengah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan getaran partikel.

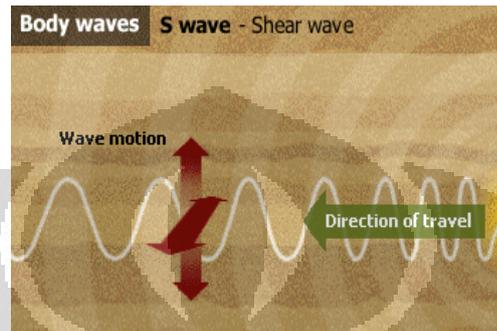


Gambar 2.2 Gelombang primer

Disebut gelombang primer karena datang paling awal dibanding gelombang-gelombang yang lain. Kecepatan merambat gelombang ini sekitar 6-7 km/detik di sela-sela batuan.

- b. Gelombang Sekunder (*transversal wave*)

Merupakan gelombang transversal yang arah gerakannya tegak lurus dengan arah perambatan gelombang. Arah perambatan gelombang bergerak tegak lurus dengan arah getaran partikelnya. Gelombang ini disebut gelombang sekunder karena datangnya setelah gelombang primer. Gelombang seismik ini merambat di sela-sela batuan dengan kecepatan sekitar 3,5 km/detik (Halliday, 1966).



Gambar 2.3 Gelombang sekunder

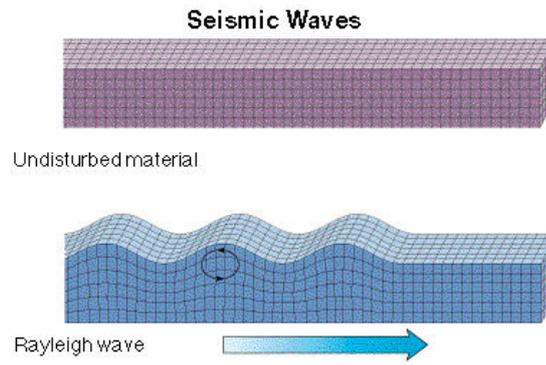
Kedua jenis gelombang diatas sering juga disebut gelombang tubuh (*body wave*).

2. Menurut tempat menjalarnya

Berdasarkan tempat menjalarnya, gelombang seismik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gelombang tubuh (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*) yaitu gelombang yang menjalar pada permukaan medium. Beberapa tipe gelombang permukaan yaitu:

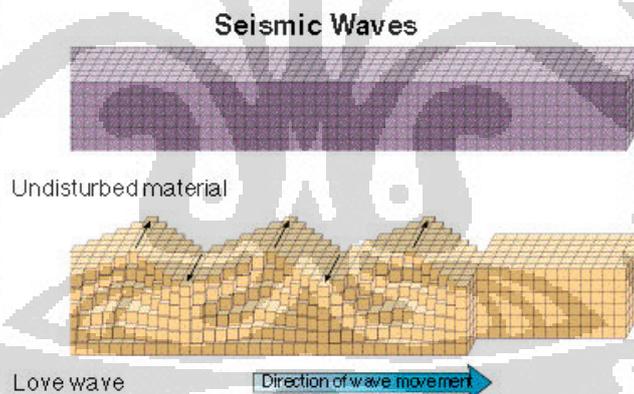
a. Gelombang *Rayleigh*

Gelombang ini hanya menjalar sepanjang permukaan bebas pada medium elastik padat. Partikelnya selalu bergerak dalam bidang datar vertikal yang berbentuk elips dan berlawanan arah dengan bidang rambatnya. Amplitudonya bergerak turun secara eksponensial terhadap kedalaman di bawah permukaan. Gelombang ini menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkular, hasilnya tanah bergerak naik turun seperti ombak di laut.

Gambar 2.4 Gelombang *Rayleigh*

b. Gelombang *Love*

Gerakan gelombangnya tegak lurus terhadap arah rambatnya dan bergerak dalam bidang mendatar. Karena gerak partikelnya selalu horizontal maka gelombang *love* jarang terekam dalam eksplorasi seismik, sebab *geophone* hanya merekam gelombang vertikal saja. Gelombang ini menimbulkan efek gerakan tanah yang horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan vertikal (Lowrie, 2007).

Gambar 2.5 Gelombang *Love*

2.2.2 Prinsip Perambatan Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang perambatannya memerlukan medium. Oleh karena gelombang seismik berasal dari bumi maka medium rambatnya dapat berupa batuan, tanah, air, atau mineral yang terkandung didalam bumi.

Akuisisi dengan metode seismik meliputi perekaman gelombang atau getaran yang dihasilkan oleh sumber getaran buatan baik dengan ledakan maupun sumber energi lainnya. Pelemahan perambatan energi menghasilkan gaung/pantulan (*echos*) pada batas antara lapisan batuan. Gelombang gaung atau

pantul yang kembali ke permukaan akan membawa informasi seperti cepat rambat gelombang seismik yang menginterpretasikan gambaran bawah permukaan pada daerah penelitian (Gadallah, 2009).

Prinsip perambatan gelombang seismik didasarkan pada beberapa teori, yaitu:

a. Asas Huygens

Setiap titik pada muka gelombang dapat dianggap sebagai sumber gelombang baru. Garis-garis yang tegak lurus pada muka gelombang disebut dengan gelombang maju dan arahnya sama dengan arah rambat gelombang. Pada medium homogen yang isotropik muka gelombang tersebut akan disebar ke segala arah berbentuk spheris.

b. Teori Malus

Interval waktu antara titik-titik yang berkorespondensi dari dua muka gelombang adalah sama untuk setiap pasangan titik yang berkorespondensi.

c. Prinsip Fermat

Menyatakan bahwa waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk menempuh jarak dari suatu titik ke titik yang lain akan mengambil lintasan dengan waktu tempuh yang minimum.

d. Hukum Snellius

Bila seberkas gelombang menumbuk bidang batas antara dua medium yang berbeda, maka gelombang tersebut akan mengikuti hukum Snellius.

Hukum Snellius menyatakan bahwa:

1. Sudut datang sama dengan sudut pantul
2. Sudut refleksi dan sudut datang mengikuti hubungan:

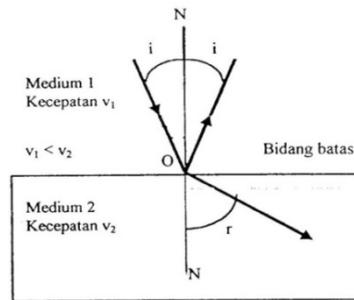
$$\frac{\sin i}{v_1} = \frac{\sin r}{v_2} \quad (2.1)$$

dengan:

i : besar sudut antara sinar datang dengan garis normal pada medium ke-1.

r : besar sudut antara sinar bias dengan garis normal pada medium ke-2.

v_1, v_2 : cepat rambat gelombang pada medium ke-1 dan medium ke-2.



Gambar 2.6 Hukum Snellius

Untuk sudut kritis I_c pada saat sudut bias $r = 90^\circ$, maka didapat:

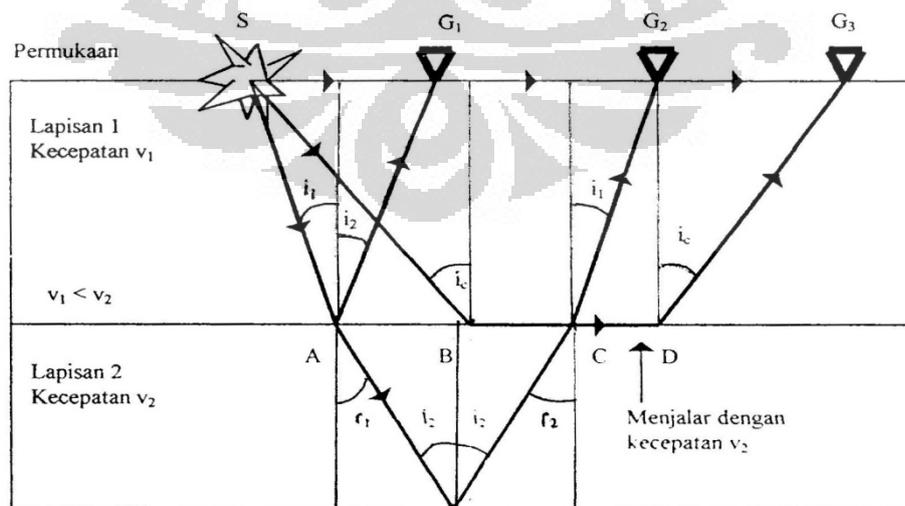
$$\sin I_c = \frac{V_1}{V_2} \quad (2.2)$$

e. Prinsip balik cahaya

Berdasarkan hukum Snellius untuk refleksi dan refraksi, jika suatu berkas gelombang dipantulkan maka arah lintasannya akan kembali melewati lintasan semula.

f. Difraksi

Setiap titik pada muka gelombang dapat dianggap sebagai sumber gelombang-gelombang kecil yang menyebar maju dengan laju yang sama dengan laju gelombang itu sendiri. Saat gelombang seismik menumbuk permukaan yang tidak teratur, maka dapat dikatakan permukaan tersebut bekerja sebagai titik sumber untuk gelombang pantul dalam semua arah sesuai dengan prinsip Huygens.



Gambar 2.7 Perambatan gelombang seismik pada lapisan bumi

Pada gambar 2.7 terlihat bahwa berbagai macam penjalaran gelombang seismik dari sebuah sumber ledakan S menuju ke 3 buah perekam *geophone* G_1, G_2 , dan G_3 .

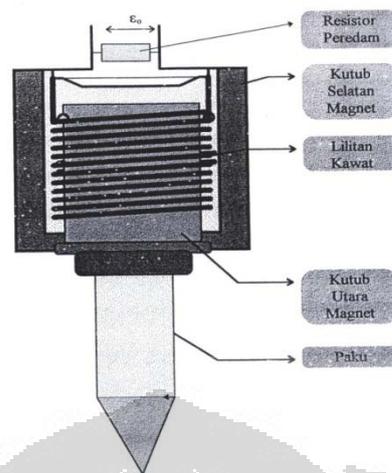
1. Gelombang langsung : SG_1, SG_2, SG_3 .
2. Gelombang pantul : SAG_1 pada bidang batas lapisan 1 dan 2, AEC pada bidang batas lapisan 2 dan 3.
3. Gelombang bias : $SBDG_3$.

2.3 *Geophone*

Geophone merupakan sebuah alat yang sangat penting dalam ekplorasi seismik. Alat ini berfungsi untuk mendeteksi dan merekam gelombang seismik yang ada pada permukaan tanah. Layaknya sebuah sensor yang mengubah besaran fisika menjadi besaran fisika lainnya khususnya besaran listrik, *geophone* akan mengkonversi pergerakan tanah menjadi tegangan. *Geophone* banyak digunakan pada banyak aplikasi seperti untuk gempa bumi, eksplorasi minyak, pertambangan dan sumber daya alam lainnya.

Geophone umumnya digunakan di atas permukaan tanah. Alat ini bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik. Pada umumnya *geophone* terdiri atas dua buah komponen utama yaitu kumparan dan magnet permanen. Salah satu dari komponen tersebut diletakkan menyatu dengan permukaan bumi sedemikian rupa sehingga akan mengikuti getaran bumi bila ada gelombang seismik yang menjalar di permukaan. Sedangkan komponen lainnya tergantung pada pegas dan dianggap tidak bergerak ketika ada gelombang seismik yang datang. Ketika permukaan tanah bergerak vertikal, magnet akan bergerak relatif terhadap koil atau kumparan. Gerakan relatif antara komponen yang diam dan bergerak akibat dari gerakan vertikal bumi akan menimbulkan tegangan induksi diantara terminal koil. Tegangan yang dihasilkan oleh *geophone* sebanding dengan:

- Kuatnya medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen,
- Jumlah lilitan kawat,
- Diameter kumparan, dan
- Kecepatan gerak kumparan terhadap magnet.

Gambar 2.8 *Geophone*

Tegangan induksi yang terjadi pada *geophone* ternyata mampu membawa informasi mengenai keadaan lapisan tanah pada permukaan bumi. Kumputan *geophone* dan pegas merupakan sebuah sistem osilator dengan frekuensi alami antara 4-15 Hz untuk refleksi dan 1-10 Hz untuk refraksi. Kumputan akan terus beresonansi setelah tidak ada getaran, maka diperlukan sebuah gerakan untuk meredamnya. Hal ini didapatkan pada bagian lilitan kawat di sebuah logam (Telford, 1976).

2.3.1 Prinsip Kerja *Geophone*

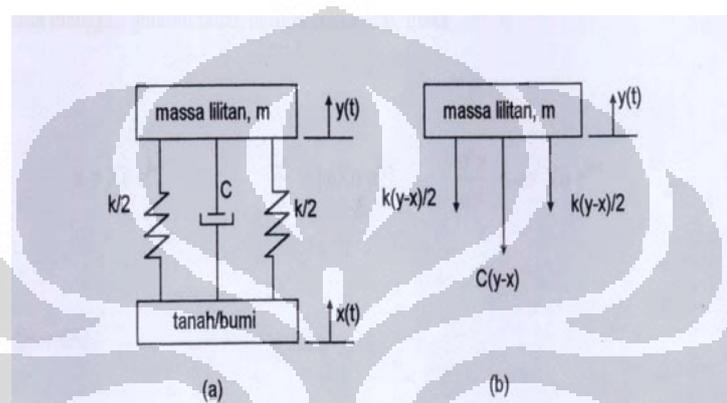
Secara umum gaya-gaya yang bekerja pada lilitan kawat *geophone* antara lain:

1. Gaya berat, $m \frac{d^2 z}{dt^2}$ dengan ketentuan, m adalah massa lilitan dan $\frac{d^2 z}{dt^2}$ adalah percepatan getaran lilitan kawat terhadap magnet dan z adalah jarak pergeseran vertikal lilitan relatif terhadap magnet.
2. Gaya pegas dari gerakan lilitan yang beresonansi secara vertikal, $F_1 = -kz$ dengan ketentuan k adalah konstanta pegas.

3. Gaya redaman mekanik yang dialami lilitan saat bergetar,

$$F_2 = -D \frac{dz}{dt}$$
 dengan D adalah konstanta redaman mekanik.
4. Gaya listrik yang diakibatkan oleh induksi magnet, $F_3 = Bli$ dengan B adalah induksi magnet, l adalah panjang lilitan kawat dan i adalah arus induksi.

Sebuah model pada gambar 2.9 akan memperlihatkan secara sederhana pengaruh dari gaya-gaya yang telah disebutkan diatas.



Gambar 2.9 Model sensor geophone dengan satu derajat kebebasan (a) Model geophone; (b) Massa lilitan yang bergerak bebas

Persamaan gerak lilitan kawat *geophone* dengan satu derajat kebebasan dapat diturunkan dari hukum Newton II yaitu:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + C \left(\frac{dy}{dt} - \frac{dx}{dt} \right) + k(y - x) = 0 \quad (2.3)$$

dengan:

m = massa lilitan kawat

C = konstanta redaman mekanik dan listrik

k = konstanta pegas

Asumsi yang digunakan untuk model itu adalah $y > x$ dan $\frac{dy}{dt} > \frac{dx}{dt}$. Jika pergeseran relatif antara lilitan kawat dan magnet dalam arah vertikal (z) memenuhi persamaan $z = y - x$, maka persamaan 2.3 menjadi:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + C \frac{dz}{dt} + kz = -m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (2.4)$$

Jika getaran tanah dianggap sinusoidal maka:

$$x = X_o e^{j\omega t} \quad \frac{dx}{dt} = j\omega X_o e^{j\omega t} \quad \frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 X_o e^{j\omega t}$$

Maka akan diperoleh :

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + C \frac{dz}{dt} + kz = -m\omega^2 X_o e^{j\omega t} \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 dapat ditulis dalam bentuk lain yaitu:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + 2\beta \frac{dz}{dt} + \omega_n^2 z = \omega^2 X_o e^{j\omega t} \quad (2.6)$$

dengan ketentuan: $\beta = \frac{C}{2m}$ $\omega_n^2 = \frac{k}{m}$

Persamaan 2.6 berbentuk persamaan diffrensial orde dua. Ada dua macam solusi yaitu solusi homogen (*complementary solution*), $Z_c(t)$ dan solusi khusus (*particular solution*), $Z_p(t)$. Bentuk solusi umumnya ditulis sebagai:

$$Z(t) = Z_c(t) + Z_p(t) \quad (2.7)$$

2.3.2 Solusi Homogen

Solusi homogen diperoleh dengan membuat ruas kanan persamaan 2.6 menjadi bernilai nol.

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + 2\beta \frac{dz}{dt} + \omega_n^2 z = 0 \quad (2.8)$$

Maka solusi homogen berbentuk

$$Z_c(t) = e^{-\beta t} A_1 e^{\left(\sqrt{\beta^2 - \omega_n^2} t\right)} + A_2 e^{\left(-\sqrt{\beta^2 - \omega_n^2} t\right)} \quad (2.9)$$

Solusi homogen tersebut dapat dianalisis lebih lanjut sehingga diperoleh 3 macam solusi homogen yaitu:

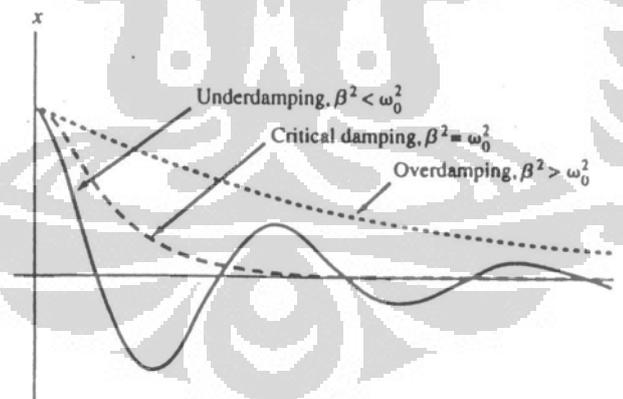
a) *Underdamp*: $\omega_n^2 > \beta^2$; $Z_c(t) = Ae^{-\beta t} \text{Cos}(\omega_1 t - \delta)$ (2.10a)

dengan $\omega_1^2 = \omega_n^2 - \beta^2$

b) *Critical damped*: $\omega_n^2 = \beta^2$; $Z_c(t) = (A + Bt)e^{-\beta t}$ (2.10b)

c) *Overdamped*: $\omega_n^2 < \beta^2$; $Z_c(t) = e^{-\beta t} [A_1 e^{\omega_2 t} + A_2 e^{-\omega_2 t}]$ (2.10c)

dengan $\omega_2^2 = \beta^2 - \omega_n^2$



Gambar 2.10 Bentuk-bentuk solusi homogen

Ketiga solusi tersebut menunjukkan bahwa pada t yang cukup besar, semua solusi homogen mendekati nol secara eksponensial. Pada kondisi *Underdamp*, amplitudo semakin melemah secara eksponensial. Rasio antara dua amplitudo pada kondisi ini adalah:

$$\frac{Ae^{-\beta t}}{Ae^{-\beta(t+\tau)}} = e^{\beta\tau} \quad (2.11)$$

dimana τ adalah rentang waktu antara kedua amplitudo tersebut.

Persamaan ini dipakai untuk menentukan konstanta redaman (β) suatu geophone.

2.3.3 Solusi Khusus

Solusi khusus untuk persamaan 2.6 diperoleh sebagai berikut:

$$Z_p(t) = \frac{r^2 X_o}{\left[(1-r^2)^2 + (2dr)^2 \right]^{1/2}} e^{j(\omega t - \delta)} \quad (2.12)$$

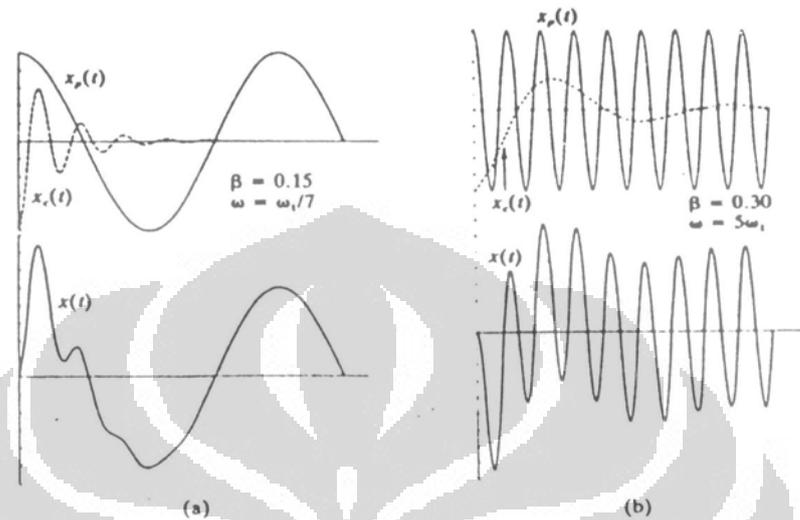
Dengan $\delta = \tan^{-1} \frac{2dr}{1-r^2}$ adalah beda fase, rasio frekuensi $r = \frac{\omega}{\omega_n}$ dan faktor redaman $d = \frac{\beta}{\omega_n}$. Harga d selalu lebih kecil dari 1.

Solusi khusus yang dinyatakan pada persamaan 2.12 tidak pernah mendekati nol ketika t membesar, melainkan tetap berosilasi dengan frekuensi (ω) yaitu frekuensi sumber getar. Hal ini sangat bertolak belakang dengan solusi homogen seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

2.3.4 Solusi Umum

Solusi umum diperoleh dengan menggabungkan kedua solusi tersebut seperti dinyatakan pada persamaan (2.7). Gambar 2.10 memperlihatkan bentuk kurva osilasi umum pada kondisi *underdamp* untuk β dan ω yang berbeda. Terlihat bahwa untuk $\omega < \omega_1$, kurva mengalami distorsi sinusoidal sedangkan $\omega > \omega_1$ kurva mengalami efek modulasi.

Perlu juga ditegaskan disini bahwa jika konstanta redaman (β) kecil maka harga ω_1 mendekati frekuensi alamiah ω_n dan kurva solusi umumnya berbentuk sinus yang hampir sempurna.



Gambar 2.11 Bentuk solusi umum

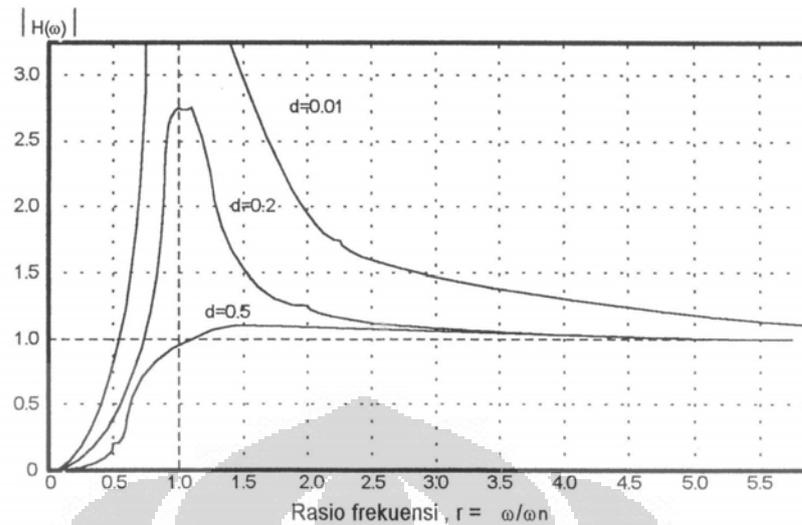
Solusi homogen dikenal dengan respon transient sedangkan solusi khusus dikenal dengan respon *steady state*. Persamaan 2.12 dapat ditulis dalam bentuk:

$$Z_p(t) = H(r)X_0 e^{j\omega t} \quad (2.13)$$

dengan

$$H(r) = \frac{r^2}{\left[\left(1-r^2\right)^2 + (2dr)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} e^{j\delta} \quad (2.14)$$

$H(r)$ disebut juga fungsi respon frekuensi dan lebih sering ditulis dalam bentuk $H(\omega)$. Bentuk kurva fungsi $H(\omega)$ untuk variasi harga rasio frekuensi (r) adalah:



Gambar 2.12 Fungsi respon frekuensi

Gambar 2.12 menunjukkan bahwa setiap sensor geophone harus memiliki frekuensi alamiah yang cukup rendah. Kondisi resonansi pada saat $\omega = \omega_n$ akan mengakibatkan $H(\omega)$ melonjak cukup besar. Hal ini sama sekali tidak menguntungkan bagi siapa yang ingin mengukur frekuensi getaran tanah. Oleh karena itu sebelum melakukan pengukuran getaran bumi hendaknya frekuensi alamiah geophone harus sudah diketahui dan frekuensi yang akan dideteksi geophone harus berada di sebelah kanan $r=1$, sesuai dengan gambar 2.12. Hal yang mendukung pernyataan ini dapat dilihat dari persamaan 2.12. Jika $r \gg 1$ dan $\delta \rightarrow \pi$ maka persamaan tersebut menjadi:

$$Z_p(t) = \frac{r^2 X_0}{\left[(-r^2)^2\right]^{1/2}} e^{j(\omega t - \pi)} = -X_0 e^{j\omega t} = -x(t) \quad (2.15)$$

Tanda negatif pada $x(t)$ menunjukkan arah gerak yang berlawanan antara $Z_p(t)$ dan $x(t)$.

Kondisi ini juga berlaku untuk respon magnitude kecepatan $Z_p(t)$.

$$\frac{dZ_p(t)}{d(t)} = \frac{r^2 j\omega X_o}{\left[(1-r^2)^2 + (2rd)^2 \right]^{1/2}} e^{j(\omega t - \delta)} \quad (2.16)$$

Untuk $r \gg 1$ dan $\delta \rightarrow \pi$, maka

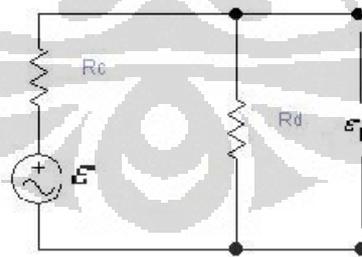
$$\frac{dZ_p(t)}{d(t)} = -j\omega X_o e^{j\omega t} = \frac{dx(t)}{d(t)} \quad (2.17)$$

Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa kecepatan $z(t)$ sama dengan kecepatan $x(t)$.

2.3.5 Sensitivitas Geophone

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa kecepatan getaran dari lilitan kawat terhadap magnet akan menimbulkan tegangan induksi. Disini terjadi transfer energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam perumusannya ditulis sebagai berikut:

$$\varepsilon = Bl \frac{dz}{dt} \quad (2.18)$$



Gambar 2.13 Sensor geophone dengan analisis rangkaian

Dengan menggunakan analisis secara rangkaian elektronika dengan menambah resistor peredam (Rd) maka tegangan keluaran menjadi :

$$\varepsilon_0 = \left(\frac{Rd}{Rd + Rc} \right) \varepsilon \quad (2.19)$$

Dengan Rc adalah nilai hambatan yang terkandung pada lilitan. Tegangan yang dihasilkan per satuan kecepatan disebut sensitivitas intrinsik efektif dari *geophone* yang dilambangkan dengan G .

Maka diperoleh sensitivitas intrinsik efektif yaitu:

$$G_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_0}{\left(\frac{dz}{dt} \right)} = \left(\frac{dt}{dz} \frac{Rd}{Rd + Rc} \right) \varepsilon \quad (2.20)$$

Dalam bentuk yang lebih lengkap dapat dilihat hubungan antara tegangan induksi dengan kecepatan getaran tanah dapat ditulis kembali sebagai :

$$\varepsilon_0 = \left(\frac{Rd}{Rd + Rc} \right) Bl \frac{dz}{dt} \quad (2.21)$$

2.4 Penguat Instrumentasi (*Instrumentation Amplifier*)

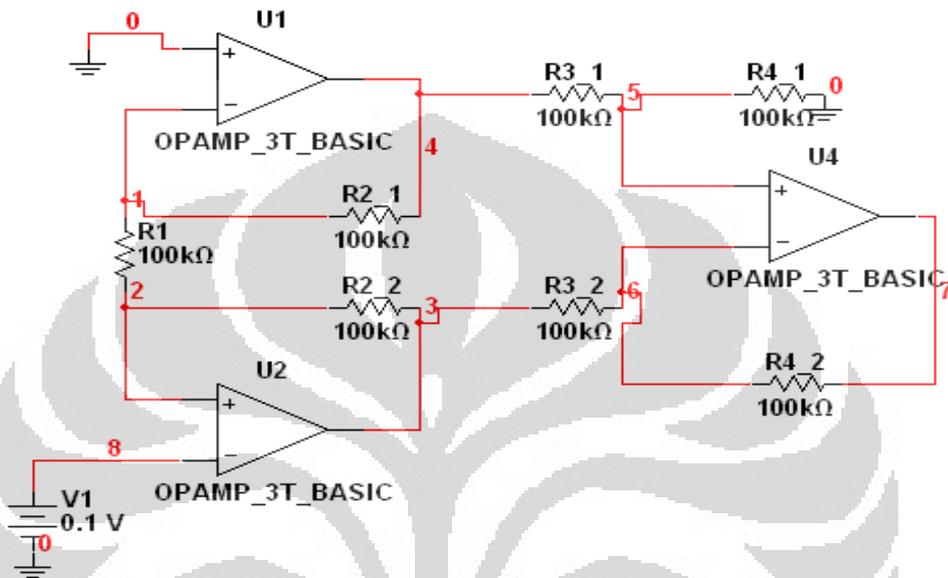
Dalam perancangan suatu sistem pengukuran ataupun akuisisi data terkadang diperlukan suatu rangkaian penguat yang berfungsi menguatkan sinyal-sinyal rendah seperti sinyal tubuh ataupun sinyal seismik. Salah satu rangkaian penguat yang dapat digunakan adalah penguat instrumentasi (*instrumentation amplifier*) atau yang disebut juga penguat transduser atau penguat beda.

Penguat instrumentasi adalah rangkaian *op-amp* yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari transduser, umumnya sinyalnya sangat rendah didalam sinyal *common* yang tinggi. Oleh karena itu, penguat instrumentasi harus memiliki penguat yang besar, offset yang rendah, dan CMMR yang tinggi.

Pada dasarnya, penguat instrumentasi terdiri dari tiga buah penguat operasional (*operational amplifier*). Dua buah *op-amp* pertama sebagai *buffer* sedangkan *op-amp* ketiga sebagai penguat beda (*differensial amplifier*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.14 dibawah (Wijaya, 2007).

Penguat instrumentasi memiliki semua sifat dari *op-amp*, yaitu:

1. Penguatan besar
2. Impedansi input tinggi
3. Impedansi output rendah
4. Tegangan offset rendah
5. CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) tinggi



Gambar 2.14 Rangkaian penguat instrumentasi

2.5 Rangkaian Filter

Rangkaian filter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk melewatkan gelombang frekuensi yang kita harapkan. Berdasarkan penggunaannya, filter dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu filter aktif dan pasif. Dikatakan filter aktif karena selain menggunakan resistor dan kapasitor, filter ini juga menggunakan komponen aktif yaitu *op-amp* (*operational amplifier*). Filter ini juga dapat menghasilkan penguatan terhadap sinyal inputnya (Faulkenberry, 1982). Besarnya nilai tanggapan biasa dinyatakan dalam volt ataupun dalam dB dengan bentuk respon yang berbeda pada setiap jenis filter. Besar nilai respon dapat diperoleh dari perhitungan fungsi:

$$H_s = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| \quad (2.22)$$

Dengan :

H_s : fungsi transfer

V_{out} : tegang keluaran

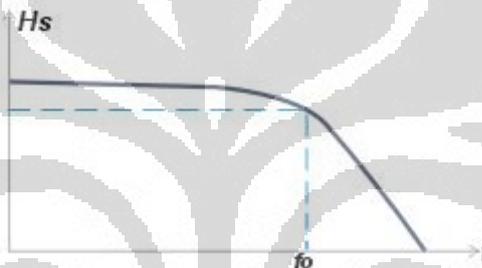
V_{in} : tegangan masukan

Setiap filter mempunyai frekuensi *cutoff* yaitu frekuensi ketika penguatan atau amplitudonya melemah sebesar 0,707 atau 3dB.

Berdasarkan frekuensi yang dilewatkannya, filter dibedakan menjadi 4 macam, yaitu :

1. *Low pass filter*

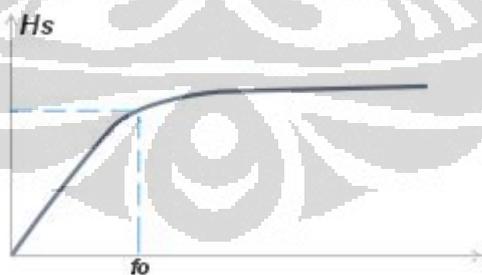
Adalah jenis filter yang melewatkan frekuensi rendah serta meredam frekuensi tinggi, dengan bentuk respon seperti tampak pada gambar,



Gambar 2.15 Respon *low pass filter*

2. *High pass filter*

Merupakan filter yang melewatkan frekuensi tinggi dan meredam frekuensi rendah.



Gambar 2.16 Respon *high pass filter*

3. *Band Pass Filter*

Filter yang melewatkan suatu rentang frekuensi tertentu. Dalam perancangannya diperhitungkan nilai Q (faktor mutu), yaitu hubungan antara frekuensi tengah yang dilewatkan dengan frekuensi ketika penguatan atau amplitudo melemah sebesar 3 dB.

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad (2.23)$$

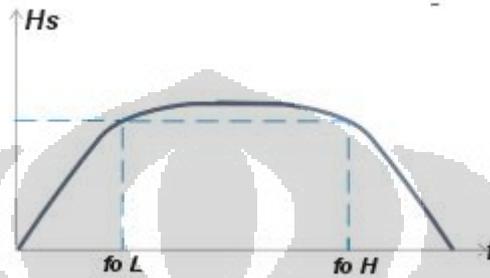
Dimana:

Q = faktor mutu

f_0 = frekuensi tengah

f_1 = frekuensi 3 dB bawah

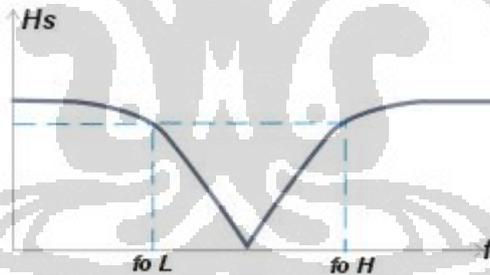
f_2 = frekuensi 3 dB atas



Gambar 2.17 Respon *band pass filter*

4. *Band Reject filter*

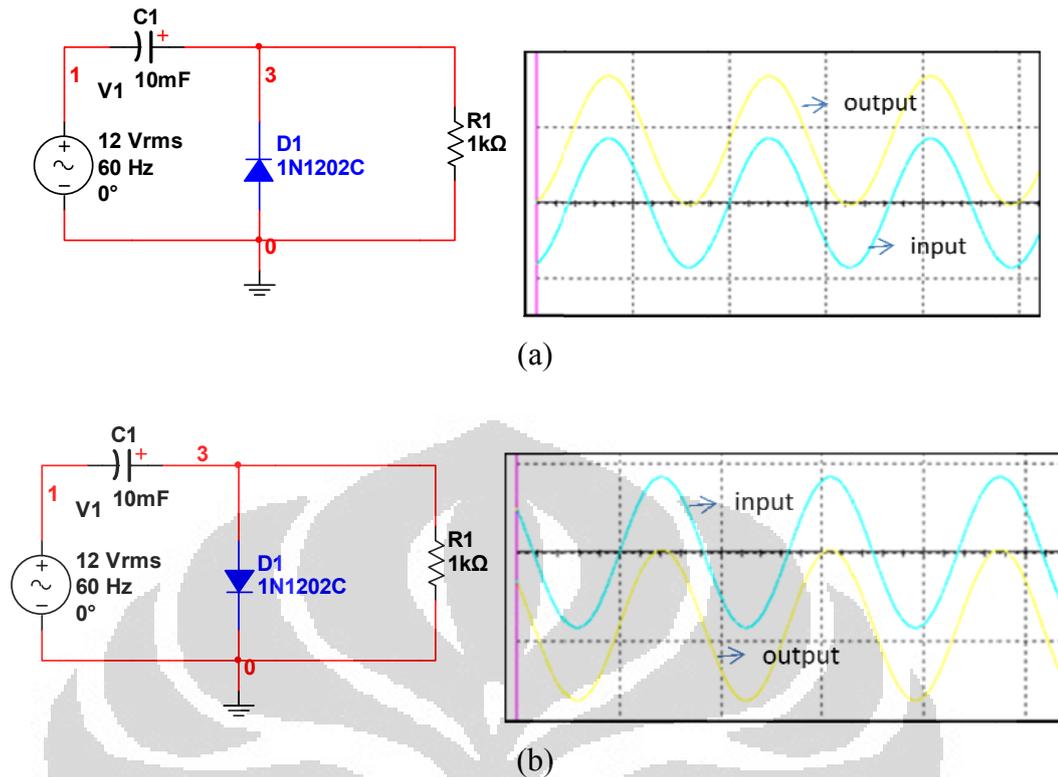
Filter yang menolah suatu rentang frekuensi tertentu. Sama seperti *bandpass filter*, *band reject* juga memperhitungkan faktor mutu.



Gambar 2.18 Respon *band reject filter*

2.6 Rangkaian *Clamper*

Salah satu pengkondisi sinyal yang menggunakan dioda adalah rangkaian *dc clamper*. Rangkaian ini bekerja dengan menambahkan tegangan dc ke sinyal masukan. Sebagai contoh, apabila sinyal input berayun antara -10 V sampai 10 V maka *dc clamper* positif akan menghasilkan output yang idealnya sebesar 0 sampai +20 V sedangkan pada *dc clamper* negatif akan sebesar 0 sampai -20 V (Malvino, 1993).



Gambar 2.19 Rangkaian *clammer*; (a) *positive clamper*; (b) *negative clamper*

2.7 Analog to Digital Converter (ADC)

Pada umumnya besaran di alam adalah besaran analog yang memiliki ciri bahwa perubahan nilai dari besaran tersebut bersifat *smooth*, sedangkan besaran digital nilainya berjenjang yaitu ada satu nilai perubahan terendah.

Suatu sinyal analog jika diolah dengan pengolah analog hasilnya juga akan analog, sedangkan sinyal digital jika diolah oleh pengolah digital maka hasilnya juga akan digital. Pemrosesan secara digital seringkali diperlukan karena memiliki keuntungan dibandingkan dengan pemrosesan secara analog, diantaranya adalah :

- Lebih kebal terhadap *noise*,
- Lebih mudah diproses,
- Lebih mudah diperbaiki, dan
- Lebih murah

Contoh sederhana dari gejala digital adalah berjalan menaiki tangga, sedangkan gejala analog adalah berjalan pada undakan.

Rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengubah sinyal atau besaran analog menjadi sinyal digital atau yang lebih dikenal dengan bilangan biner. Umumnya, bilangan biner tersebut kemudian dikelompokkan lagi kedalam bit. Sebagai contoh resolusi sebuah ADC 8 bit, maka ADC tersebut dapat mengkodekan nilai input sebanyak $2^8 = 256$ level sinyal input analog yang berbeda.

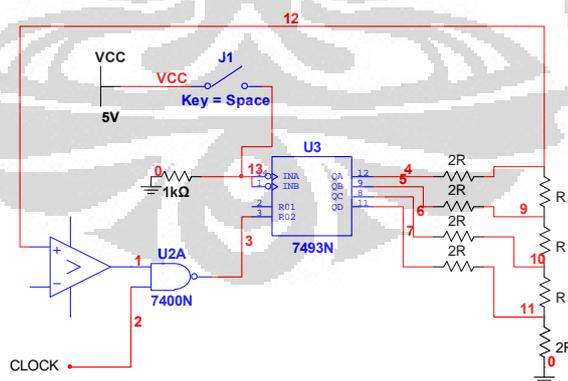
Terdapat beberapa metode untuk mengkonversi sinyal analog menjadi digital, diantaranya adalah :

1. *Integrating Converter*

ADC pada tipe ini menggunakan komparator digital, *counter*, dan DAC (*Digital to Analog Converter*). Nilai input dibandingkan dengan output dari DAC, jika kedua nilai tersebut belum sama maka sinyal *clock* tetap bekerja, sebaliknya jika sudah sama/lebih maka proses perhitungan dihentikan.

Rangkaian dari ADC tipe ini ditunjukkan pada gambar 2.20. Komparator yang dapat digunakan adalah LM339, sedangkan *counter*-nya adalah 7493, dan DAC-nya adalah rangkaian R-2R.

Pada contoh gambar rangkaian gambar 2.20, tegangan acuan yang digunakan adalah 5 volt, namun jika dikehendaki tegangan lainnya diperlukan *buffer open collector* diantara *counter* dengan rangkaian DAC.

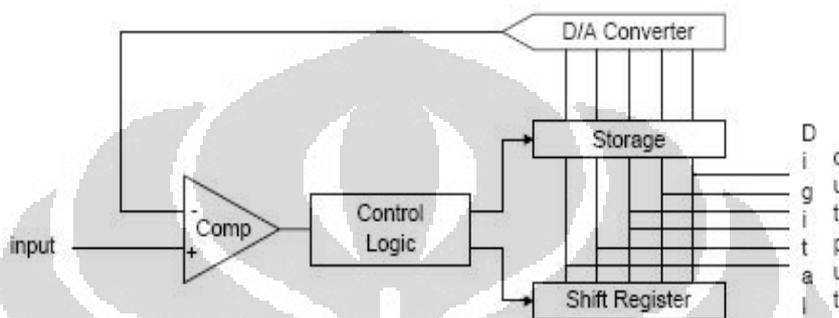


Gambar 2.20 Rangkaian dasar *integrating converter*

Rangkaian ADC ini termasuk lambat dan cara mempercepatnya misalnya menggunakan *dual slope integrating ADC* atau menggunakan SAR ADC.

2. *Successive Approximation Register Analog to Digital Converter (SAR ADC)*

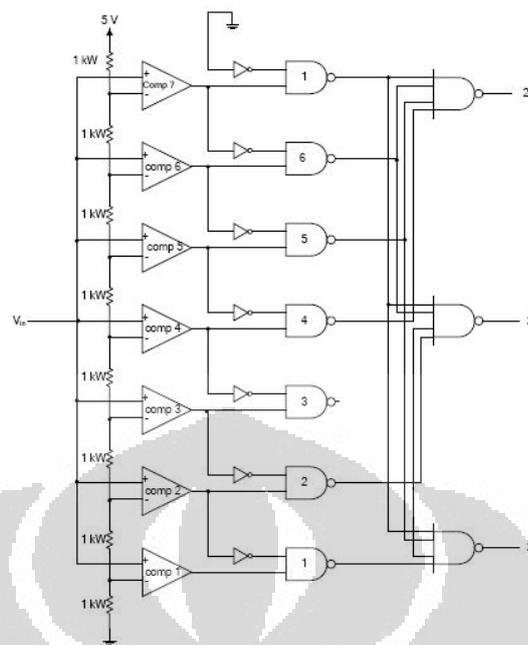
ADC ini juga menggunakan komparator digital tetapi bekerja dengan teknik yang berbeda dengan metode *integrating*. Teknik perbandingannya adalah pertama-tama sinyal input akan dibandingkan dengan sinyal digital jika MSB (*Most Signifikan Bit*) diset (logika 1). Apabila inputnya lebih kecil, MSB=0 dan geser bit pembanding ke kanan dan lakukan pembandingan lagi. Sebaliknya, jika sinyal input lebih besar maka MSB tetap berharga 1 dan set nilai bit sebelah kanannya menjadi 1, demikian seterusnya hingga hasil konversi sesuai.



Gambar 2.21 Rangkaian dasar SAR ADC

3. *Flash ADC*

Pada ADC jenis ini, sinyal input analog langsung dibandingkan dengan beberapa komparator digital. Hasil pembandingannya kemudian dikodekan menjadi format digital. ADC jenis ini merupakan ADC tercepat. Kelemahan ADC ini adalah perlu banyak sekali komparator, untuk N bit perlu $2^N - 1$, sehingga biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan metode lainnya (Wijaya, 2007).



Gambar 2.22 Rangkaian *flash ADC* 3-bit

2.8 Komunikasi Serial

Komunikasi serial ialah salah satu komunikasi antar perangkat keras dimana pengiriman data dilakukan per bit sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel. Beberapa contoh komunikasi serial adalah mengkomunikasikan antara *handphone* dengan mikrokontroler, *handphone* dengan *personal computer* (PC), *printer* dengan PC, dll. Pada PC, komunikasi serial RS232 dapat dilakukan melalui port serial (*com port*). Komunikasi data serial dapat dilakukan dengan mempresentasikan data dalam bentuk level “1” atau “0”.

Interface yang menggunakan port serial lebih sulit dilakukan apabila dibandingkan dengan menggunakan port paralel. Pada umumnya setiap peralatan yang dihubungkan dengan menggunakan port serial harus mengubah kembali transmisi serial menjadi bentuk data paralel sebelum digunakan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Namun, ada beberapa kelebihan menggunakan komunikasi serial sehingga cukup sering digunakan, yaitu:

1. Kabel yang digunakan untuk komunikasi dapat lebih panjang. Port serial mengirimkan level “1” sebagai -3 s/d -25 volt dan level “0” sebagai $+3$ s/d $+25$ volt, sedangkan port paralel mengirimkan level “0” sebagai 0 volt

dan level “1” sebagai 5 volt. Oleh karena itu, port serial memiliki *swing* maksimum 50 volts, sedangkan port paralel memiliki *swing* maksimum 5 volt. Hal ini menyebabkan kehilangan tegangan yang disebabkan oleh panjang kabel memiliki pengaruh yang lebih kecil pada komunikasi serial.

2. Kabel yang digunakan lebih sedikit. Komunikasi serial memiliki *null modem* sehingga hanya memerlukan 3 kabel, sedangkan pada komunikasi paralel memerlukan minimal 8 buah kabel data.
3. Pada peralatan yang menggunakan sinar infra merah sebagai media komunikasi, penggunaan komunikasi data paralel tidak memungkinkan, karena sangat sulit membedakan sinar yang datang dari 8-bit.
4. Komunikasi serial mengurangi jumlah pin yang dibutuhkan pada mikrokontroler. Pada komunikasi serial hanya menggunakan dua buah pin yaitu *Transmit Data (TxD)* dan *Receive Data (RxD)*.

Peralatan yang menggunakan komunikasi serial dapat berupa DCE (*Data Communication Equipment*) atau DTE (*Data Terminal Equipment*). DCE seperti *modem, plotter, printer*, dll. Sedangkan DTE seperti PC dan terminal.

Spesifikasi elektrik port serial dinyatakan pada EIA (*Electronic Industry Association*). Standar ini menetapkan persyaratan antara lain :

1. Logika 0 atau “Space” berupa tegangan +3 dan +25 volt
2. Logika 1 atau “Mark” berupa tegangan antara –3 dan –25 volt
3. Daerah antara –3 dan +3 volt tidak terdefinisi
4. Tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage*) terhadap ground tidak melebihi 25 volt.
5. Arus pada hubungan singkat (*short circuit current*) tidak melebihi 500mA.

Konektor yang digunakan pada komunikasi serial data dengan menggunakan serial port dapat berupa konektor DB-25 atau DB-9. Pada penulisan ini konektor yang digunakan adalah DB-9. Konfigurasi fungsi pin pada konektor DB-25 dan DB-9 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Daftar Fungsi Pin DB-25 dan DB-9

Pin DB-25	Pin DB-9	Tanda	Fungsi
8	1	DCD (<i>Data Carrier Detect</i>)	Jika modem mendeteksi <i>carrier</i> dari modem lain maka DCD aktif
3	2	RXD (<i>Receive Data</i>)	Serial data input
2	3	TXD (<i>Transmit Data</i>)	Serial data output
20	4	DTR (<i>Data Terminal Ready</i>)	Memberitahu bahwa UART siap
7	5	GND (<i>Ground</i>)	Signal ground
6	6	DSR (<i>Data Set Ready</i>)	Memberitahu UART bahwa modem siap
4	7	RTS (<i>Request To Send</i>)	Menandakan UART siap bertukar data
5	8	CTS (<i>Clear To Send</i>)	Menandakan modem siap bertukar data
22	9	RI (<i>Ring Indicator</i>)	Aktif bila ada sinyal masuk



Gambar 2.23 Urutan Letak Pin Female RS232 DB-9



Gambar 2.24 Urutan Letak Pin Male RS232 DB9

Jika kecepatan pengiriman dan penerimaan data antara DTE dan DCE tidak sama maka akan terjadi luapan (*overflow*) pada *buffer* penerima data. Untuk menghindari hal ini maka diperlukan *flow control*. *Flow control* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan *hardware* atau dengan *software*.

Secara *software* alur kendali biasanya dinyatakan sebagai *Xon* dan *Xoff*. *Xon* biasanya dinyatakan dengan karakter ASCII 17 sedangkan *Xoff* dinyatakan dengan karakter ASCII 19. Ketika *buffer* pada modem telah penuh, modem

mengirimkan karakter *Xoff* sebagai tanda agar komputer menunda pengiriman data. Ketika *buffer* mempunyai ruang untuk menerima data, maka modem kemudian mengirimkan karakter *Xon* dan komputer dapat mengirim data kembali. Keuntungan *flow control* dengan *software* tidak memerlukan tambahan kabel karena pengiriman karakter *Xon* dan *Xoff* dilakukan melalui jalur TXD dan RXD. Akan tetapi, hal ini dapat memperlambat proses komunikasi karena setiap karakter membutuhkan 10-bit.

Flow control secara *hardware* dikenal sebagai RTS atau CTS *flow control*. Cara menggunakan dua buah kabel pada kabel serial menggantikan pengiriman tambahan karakter pada jalur data sehingga hal ini tidak memperlambat proses komunikasi data. Ketika komputer akan mengirim data maka komputer akan mengaktifkan jalur RTS. Jika modem mempunyai ruang untuk menerima data tersebut maka modem akan membalas dengan mengaktifkan jalur CTS dan kemudian komputer mulai mengirimkan data. Jika modem tidak mempunyai ruang untuk menerima data maka CTS tidak akan dikirimkan.

Komunikasi serial RS232 pada PC dilakukan melalui port serial *com port*. Alamat *com port* pada PC dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Standard Port Addresses*

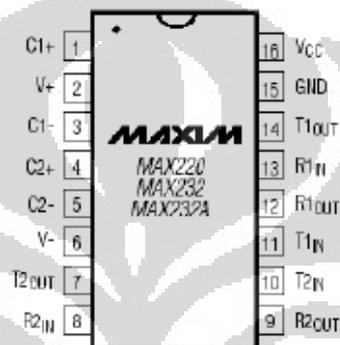
Name	address	IRQ
COM 1	3F8	4
COM 2	2F8	3
COM 3	3E8	4
COM 4	2E8	3

Komunikasi serial RS232 merupakan komunikasi *asynchronous* sehingga sinyal *clock* tidak dikirim bersamaan dengan data. Setiap data disinkronisasikan dengan menggunakan *start bit* dan *clock* internal pada setiap bit. Port RS232 pada komputer harus memenuhi standar RS232. Agar level tegangan sesuai dengan tegangan TTL atau CMOS diperlukan RS232 level konverter. IC yang banyak digunakan untuk ini adalah MAX-232.

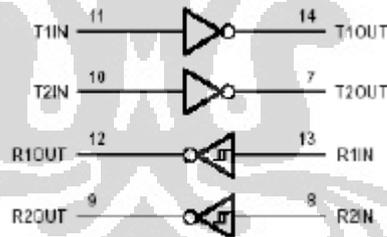
2.8.1 Max-232

Max-232 merupakan *chip* tunggal yang bekerja pada tegangan 5 volt. Tegangan keluaran dari *chip* ini digunakan sebagai pembangkit sinyal dari RS232. Pada kenyataannya, tidak ada aturan dalam penempatan max-232. Kebanyakan orang menempatkannya pada sebuah *connector* seperti pada DB-25, tetapi ada juga yang menempatkannya pada peralatan lain karena tempat atau ruang yang tidak cukup pada *connector* DB-25 dan DB-9.

Konfigurasi Pin MAX232 :

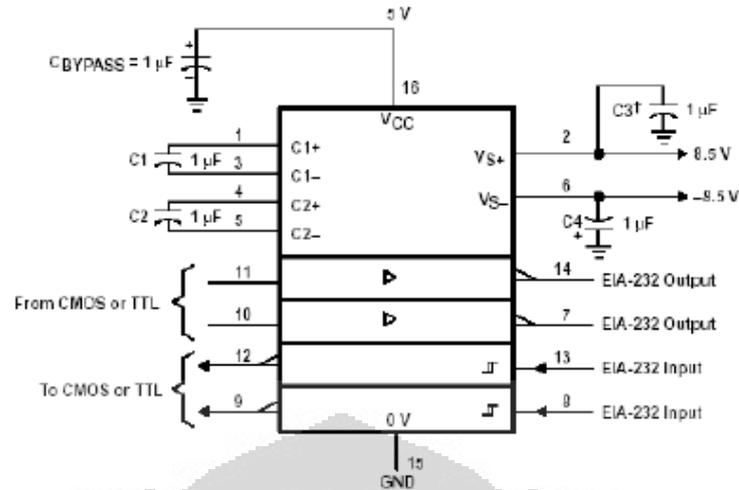


Gambar 2.25 Konfigurasi pin MAX232



Gambar 2.26 Diagram Logika MAX232

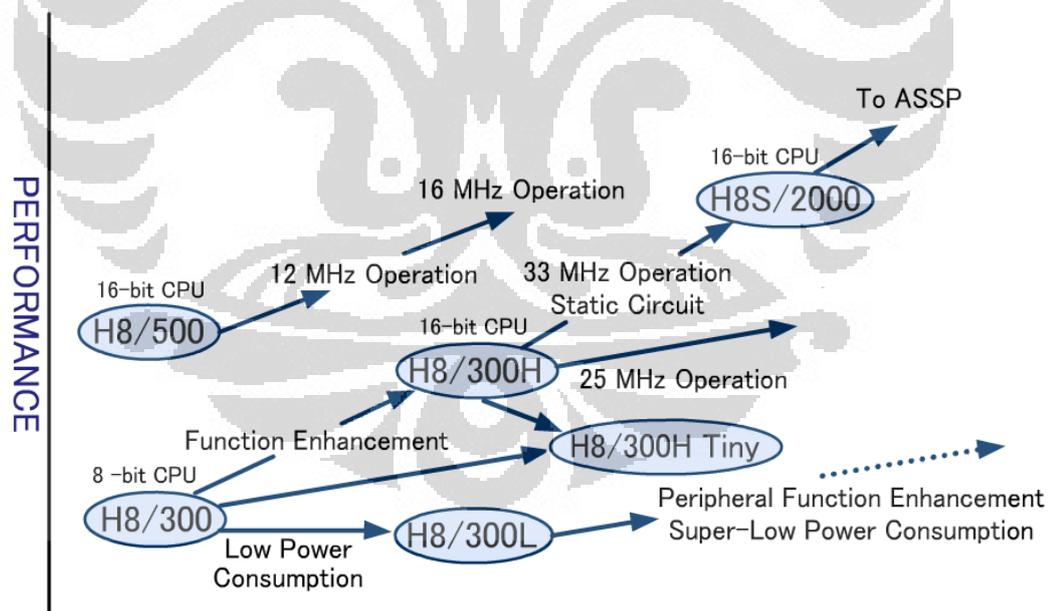
Rangkaian Sederhana MAX232 :



Gambar 2.27 Rangkaian Sederhana MAX232

2.9 Mikrokontroler H8/3069F

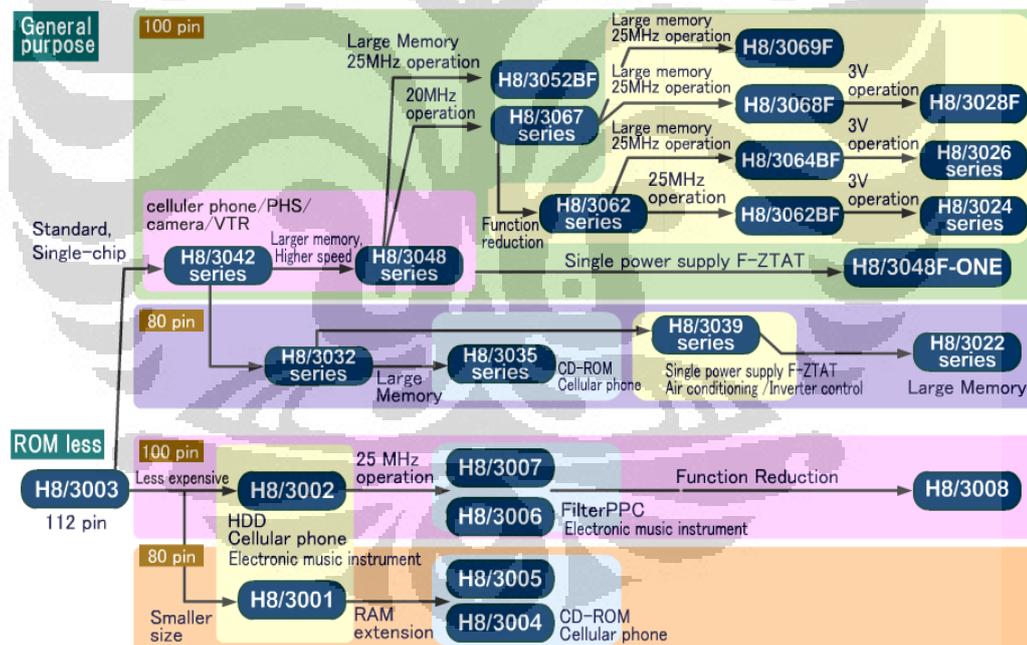
Seri H8/300H adalah *single-chip* mikrokomputer berformat tinggi yang mempunyai sebuah *central processing unit* (CPU) 16-bit sebagai *processor*-nya. Gambar 2.28 menunjukkan daftar produk dari keluarga H8.



Gambar 2.28 Perkembangan Mikrokontroler H8.

Gambar 2.28 menunjukkan bagaimana seri H8 berkembang. Seri-seri H8 dibagi menjadi dua grup. Pertama adalah seri H8/500 yang menggunakan CPU 16-bit.

Kedua adalah seri H8/300 yang menggunakan CPU 8-bit. Produk dari seri ini umumnya digunakan sebagai *single-chip* mikrokomputer. Seri H8/300H yang merupakan pengembangan dari H8/300 menggunakan CPU 16-bit dan memungkinkan koneksi memori sampai sebesar 16 Mbyte. Produk dari seri ini tidak hanya digunakan sebagai *single-chip* mikrokomputer, tetapi juga dapat digunakan sebagai *multi-chip* mikrokomputer yang memungkinkan pemberian memori eksternal. Seri H8S/2000 dikembangkan dengan menambah instruksi dari seri H8/300H. H8S/2000 lebih stabil dan memungkinkan operasi berkecepatan tinggi sampai 33 MHz. Pada daftar H8 juga terdapat seri H8/300L yang merupakan versi *low power consumption* dari seri H8/300. Pada daftar H8 juga terdapat seri H8/300H *tiny* yang merupakan versi *compact* dari seri H8/300H. Mikrokontroler seri H8/300H umumnya digunakan sebagai sarana edukasi di perguruan tinggi.

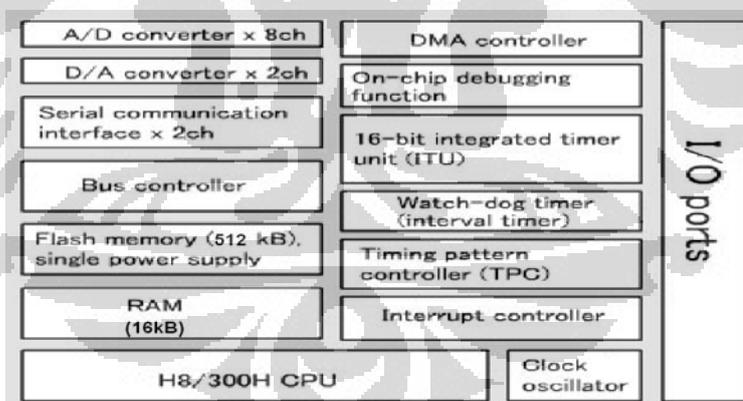


Gambar 2.29 Daftar perkembangan mikrokontroler yang menggunakan mikroprocessor H8/300H

Gambar 2.29 menunjukkan perkembangan dari seri H8/300H dan bidang aplikasi serta fitur-fiturnya. Produk pertama dari seri H8/300H adalah H8/3003. H8/3003 tidak bisa digunakan sebagai *single-chip* mikrokomputer karena tidak punya ROM didalamnya. H8/3042 mempunyai ROM dan bisa digunakan sebagai

single-chip mikrokomputer. H8/3069F adalah versi pengembangan dari pendahulunya. H8/3069F telah memiliki memori yang diperbesar untuk meningkatkan kecepatannya. FZTAT mengindikasikan bahwa flash memori telah terintegrasi di dalamnya. Tipe flash memori ini adalah EEPROM yang berarti dapat dihapus secara elektrik dan diprogram kembali. Register-register seperti pada telepon selular atau alat-alat lainnya telah tertulis di flash memori. Flash memori adalah ROM maka data dapat disimpan tidak akan hilang walaupun powernya telah mati. Berdasarkan sifatnya yang dapat diprogram maka ROM dapat dimasukkan data. Pada pengembangannya terdapat berbagai macam produk lainnya yang fungsi, kapasitas memori, harga, dan kecepatan operasinya beragam.

Mikrokontroler H8/3069F adalah salah satu mikrokontroler yang menggunakan processor H8/300H. H8/3069F mempunyai sebuah internal *writable flash memory* yang menggunakan *single power supply* (5V). Perbedaannya dengan keluarga mikrokontroler H8 yang memakai *microprocessor* H8/300H lainnya adalah kapasitas ROM dan RAM-nya serta fitur lainnya. Gambar 2.30 menunjukkan fitur-fitur pada mikrokontroler H8/3069F.



Gambar 2.30 Fitur-fitur dari mikrokontroler *H8/3069F*

- **Fitur-fitur dari CPU**

- 16-bit CPU yang berperan sebagai *general-purpose register*

Dilengkapi dengan 16-bit x 16 general-purpose register. Dan tersedia juga dalam 8-bit x 8 + 16-bit x 16 atau 32-bit x 8.

- CPU berkecepatan tinggi

Frekuensi operasi maksimum dari *H8/3069F* adalah 25MHz. Fungsi penambahan dan pengurangan dapat dieksekusi dalam 80 ns dan perkalian dan pembagian dieksekusi dalam 560 ns. Operasi CPU berbasis pada sinyal *clock*, semakin tinggi frekuensi sinyal *clock*-nya maka semakin cepat operasinya. Waktu dari pulsa sinyal *clock* 25MHz adalah 0.04 microsecond (40 ns), yang disebut “1 *state*”. Penambahan dan pengurangan diselesaikan dalam “2 *state*” sedangkan pengalian dan pembagian diselesaikan dalam “14 *state*”.

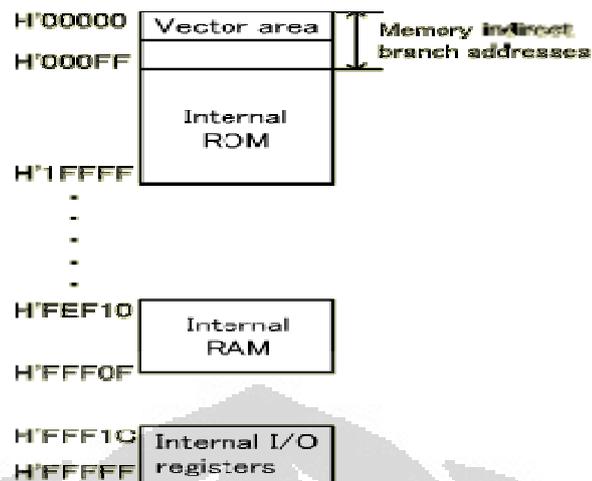
- Dilengkapi dengan ruang address maksimum sebesar 16M byte.

- **Berfungsi sebagai single-chip dan multi-chip mikrokomputer**
Mikrokontroler ini dapat berfungsi sebagai *single-chip* mikrokomputer karena internal ROM, RAM, dan fungsi I/O pada CPU. Mikrokontroler ini juga dapat difungsikan sebagai *multi-chip* mikrokomputer saat terjadi penambahan memori.
- **Internal ROM**
Mikrokontroler ini mempunyai *flash memory* 512 Kbyte yang dapat di *write* dengan sebuah *power supply* (5V).
- **Internal RAM**
Mikrokontroler ini mempunyai 16K byte internal RAM.
- **I/O port: 11 I/O port**
I/O port dapat digunakan sebagai input status *on/off* atau sinyal dari berbagai sensor. Saat I/O port digunakan sebagai output, mikrokontroler dapat diatur untuk mengontrol kedipan lampu atau mengontrol *switch on/off* dari motor dan *heater*.
- **Internal SCI (Serial Communication Interface) x 3 kanal**
Ketiga kanal SCI mempunyai fungsi yang sama. Mode dari SCI ini adalah *sinkron* dan *asinkron*. SCI mikrokontroler ini juga mempunyai komunikasi *multiprocessor* dengan dua buah atau lebih *processor*. SCI juga dapat dihubungkan dengan *smart card interface* dengan mengubah setting pada register CPU.
- **Internal timer 16-bit x 3 kanal dan timer 8-bit x 4 kanal**

Kanal 0 dan 1 pada 16-bit *timer* mempunyai fungsi yang sama, sedangkan kanal 2 mempunyai register sendiri pada CPU. 8-bit *timer* dibagi menjadi dua grup dengan masing-masing dua kanal. Grup 0 terdiri dari kanal 0 dan 1 dan grup 1 terdiri dari channel 2 dan 3.

- **Internal TPC (*Timing Pattern Controller*)**
H8/3069F mempunyai TPC yang menyediakan output pulsa berbasis timer 16-bit. Pulsa output dari TPC dibagi menjadi grup 4-bit (grup 3 sampai grup 0) yang dapat beroperasi secara serempak dan *independent*.
- **Internal Watch Dog Timer (WDT)**
WDT dapat dioperasikan untuk mengawasi jalannya program, atau hanya sebagai interval *timer*. Ketika WDT digunakan, WDT akan membangkitkan sinyal reset pada *chip* H8/3069F bila sistem *crash*.
- **Internal A/D converter dengan resolusi 10-bit × 8 kanal**
Mikrokontroler H8/3069F memiliki 8 kanal analog input dibagi menjadi dua grup yaitu grup 0 dan grup 1. V_{CC} dan V_{SS} adalah power supply sirkuit analog pada A/D converter, dan V_{REF} adalah tegangan referensi.
- **Internal 8-bit D/A converter × 2 kanal**
Resolusi dari D/A converter ini adalah 8-bit. Tegangan output-nya berkisar antara 0V sampai V_{REF} . Pengaturan D/A converter ini diatur pada sebuah register di CPU.
- **Internal DMA controller × 4 kanal**
Digunakan untuk transfer data berkecepatan tinggi. DMAC memungkinkan transfer data lebih cepat dari penggunaan CPU. DMAC umumnya digunakan dengan sebuah *timer* dan fungsi komunikasi lainnya.

H8/3069F dapat digunakan sebagai *single-chip* mikrokomputer. Pada kondisi ini, hanya internal memori yang dapat digunakan. Gambar 2.31 menunjukkan peta memori pada mode *single-chip*. Pada mode ini alamat memori diekspresikan dengan notasi 5 digit heksadesimal.



Gambar 2.31 Peta memori mode *single-chip*

2.10 Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang bersifat *object-oriented*. Bahasa Python dibuat pada tahun 1980-an yang namanya diambil dari salah satu tayangan televisi di Inggris yaitu *Monty Python's Flying Circus*. Meskipun Python tidak terlalu terkenal dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya, Python dapat diandalkan untuk membuat *software* aplikasi di bidang sains dan teknik dengan efisien dan elegan.

Python memiliki kelebihan lain yang sangat penting dibanding bahasa pemrograman yang terdahulu, diantaranya adalah:

- Python merupakan *open-source software*, yang artinya ia dapat diperoleh secara gratis dan bahkan Python sudah otomatis ter-*install* di Linux.
- Python tersedia pada semua *operating systems* (OS) terkenal seperti Linux, Unix, Windows, dan MacOS. Suatu *script* Python yang ditulis pada OS tertentu, dapat dijalankan di OS lain tanpa ada modifikasi sedikitpun.
- Python lebih mudah dipelajari sekaligus lebih mudah "dibaca" dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya.
- Python dan program ekstensinya mudah di-*install*.

Python berdiri di atas landasan pondasi Java dan C++. Hal-hal seperti *classes*, *methods*, *inheritance*, yang sering diimplementasikan pada bahasa yang bersifat *object-oriented*, juga dapat diimplementasikan di Python. Python merupakan salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi. Sintaks inti Python

dan strukturnya merupakan kode yang mudah dibaca dengan *library* yang luas dan dapat disesuaikan penggunaannya (Norton, 2005)

2.11 Database MySQL

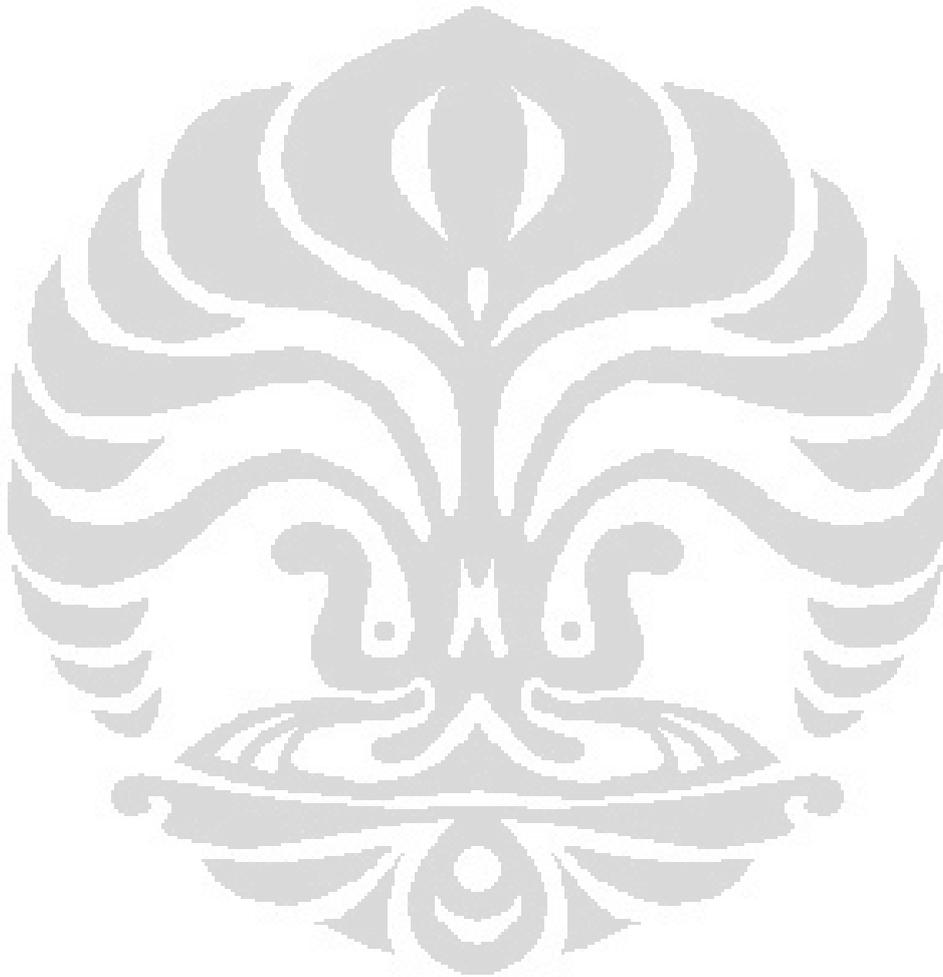
Pada penelitian ini digunakan basis data MySQL. MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data *Structured Query Language* (SQL) atau *Database Management System* (DBMS) yang *multithread*, *multi-user*, dengan sekitar 6 juta instalasi di seluruh dunia. MySQL menggunakan lisensi GNU *General Public License* (GPL) sehingga menjadikan MySQL sebagai perangkat lunak gratis. Akan tetapi, mereka juga menjual di bawah lisensi komersial untuk kasus-kasus dimana penggunaannya tidak cocok dengan penggunaan GPL (MySQL, 2009).

Sebagai *database* server, MySQL dapat dikatakan lebih unggul dibandingkan *database* server lainnya dalam *query* data. Hal ini terbukti untuk *query* yang dilakukan oleh *single user*, kecepatan *query* MySQL bisa sepuluh kali lebih cepat dari PostgreSQL dan lima kali lebih cepat dibandingkan *Interbase*. Selain itu MySQL juga memiliki beberapa keistimewaan, antara lain :

- *Portability*, yaitu MySQL dapat berjalan stabil pada berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, FreeBSD, Mac Os X Server, Solaris, Amiga, dan masih banyak lagi.
- *Multiuser*, yaitu MySQL dapat digunakan oleh beberapa pengguna atau *user* dalam waktu yang bersamaan tanpa mengalami masalah atau konflik.
- *Performance tuning*, yaitu MySQL memiliki kecepatan yang menakjubkan dalam menangani *query* sederhana, dengan kata lain dapat memproses lebih banyak SQL per satuan waktu.
- *Security*, yaitu MySQL memiliki beberapa lapisan sekuritas seperti level *subnetmask*, nama *host*, dan izin akses *user* dengan sistem perizinan yang mendetail serta *password* terenkripsi.
- *Scalability* dan *limits*, yaitu MySQL mampu menangani *database* dalam skala besar, dengan jumlah *records* lebih dari 50 juta dan 60 ribu tabel serta 5 milyar baris. Selain itu batas indeks yang dapat ditampung mencapai 32 indeks pada tiap tabelnya.

Pada beberapa bahasa pemrograman terdapat API yang memungkinkan aplikasi-aplikasi komputer ditulis dalam berbagai bahasa pemrograman untuk

dapat mengakses *database* MySQL antara lain bahasa pemrograman C, C++, C#, bahasa pemrograman Eiffel, bahasa pemrograman Smalltalk, bahasa pemrograman Java, bahasa pemrograman Lisp, Perl, PHP, bahasa pemrograman Python, Ruby, REALbasic dan Tcl. Sebuah antarmuka ODBC memanggil MyODBC yang memungkinkan setiap bahasa pemrograman yang mendukung ODBC untuk berkomunikasi dengan basis data MySQL. Kebanyakan kode sumber MySQL dalam ANSI C.



BAB 3

PERANCANGAN ALAT

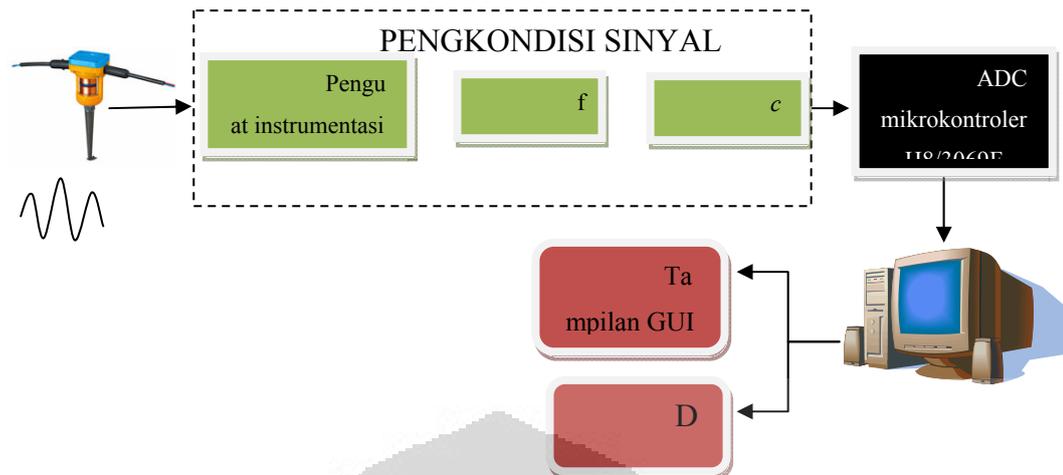
3.1 Perangkat Keras

Pada kegiatan eksplorasi hidrokarbon maupun sumber daya alam lain yang terkandung di bawah permukaan bumi gelombang seismik yang digunakan adalah gelombang seismik buatan. Sumber gelombang seismik buatan tersebut dapat berasal dari ledakan dinamit, *vibroseis*, benda jatuh, ataupun sumber getaran lainnya seperti pukulan palu ke tanah yang diterapkan pada penelitian ini.

Metode yang digunakan pada eksplorasi seismik ini pada dasarnya adalah memanfaatkan gelombang pantul (refleksi) ataupun gelombang bias (refraksi) yang berasal dari sumber getaran dan ditangkap oleh *receiver* (*geophone*) di permukaan bumi (Purwanto, 2007).

Sinyal atau gelombang seismik yang ditangkap oleh *geophone* adalah sinyal yang relatif lemah dibandingkan dengan sumber sinyal yang dikirimkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengkondisi sinyal yang dapat memperkuat sinyal tersebut agar dapat dibaca dan diolah oleh blok pengkondisi sinyal selanjutnya.

Pada perancangan sistem akuisisi data gelombang seismik ini digunakan penguat instrumentasi sebagai blok sistem yang akan memperkuat sinyal seismik yang diterima *geophone*. Penguat instrumentasi merupakan penguat yang memiliki penguatan besar yang dapat diatur secara akurat, impedansi masukan dan CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) tinggi, tegangan offset rendah, dan lain sebagainya (Wijaya, 2007). Selanjutnya sinyal tersebut akan disaring oleh filter aktif sehingga diperoleh sinyal seismik yang kita inginkan. Sinyal ini kemudian akan dikonversi oleh ADC internal mikrokontroler H8/3069F yang memiliki rentang batas pembacaan tegangan 0-5V dc sehingga diperlukan rangkaian *clamber* guna mengkondisikan sinyal yang ditangkap *geophone*. Hasil konversi ini kemudian disimpan pada memori dan ditampilkan pada GUI Python.



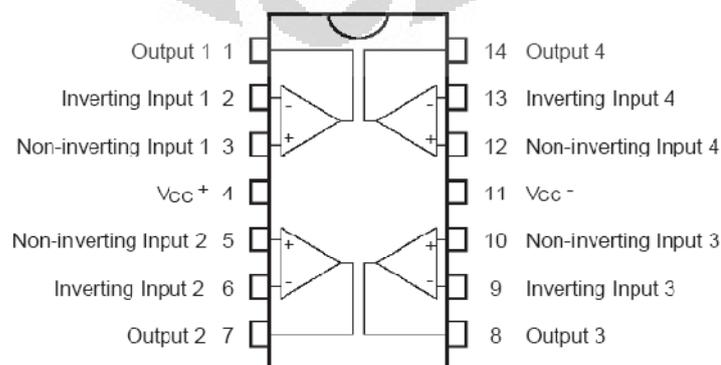
Gambar 3.1 Blok diagram sistem akuisisi data seismik

3.1.1 Rangkaian Penguat Instrumentasi

Rangkaian penguat instrumentasi pada penelitian ini dirancang dengan menggunakan tiga buah *operational amplifier* yang terdapat pada IC (*Integrated Circuit*) TL084 buatan STMicroelectronics. TL084 ini adalah IC yang berisi empat buah op-amp J-FET.

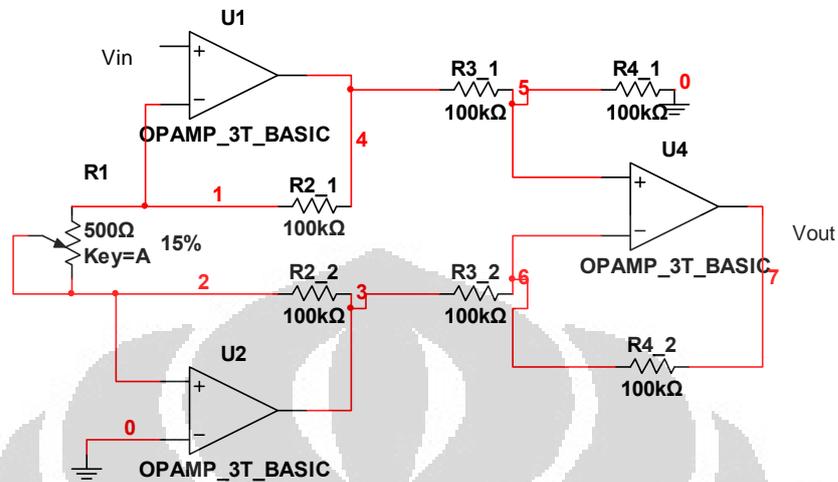
Beberapa karakteristik op-amp pada IC TL084 (STMicroelectronics, 1999), yaitu:

- *Common mode* yang lebar (hingga V_{cc}),
- Input bias dan arus *offset* rendah,
- Adanya proteksi hubungan singkat,
- Impedansi input tinggi,
- Kompensasi frekuensi internal,
- *Slew rate* yang tinggi.



Gambar 3.2 Konfigurasi pin IC TL084

Penguat instrumentasi ini terdiri dari tiga buah *op-amp*. Dua buah *op-amp* pertama sebagai *buffer*, sedangkan *op-amp* ketiga sebagai penguat differensial seperti ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 3.3 Perancangan rangkaian penguat instrumentasi

Besarnya penguatan yang digunakan pada perancangan sistem akuisisi data ini adalah sebesar 500 kali, sehingga berdasarkan persamaan penguatan pada penguat instrumentasi, spesifikasi nilai hambatan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{V_{out}}{V_+ - V_-} = \frac{R_4}{R_3} \left(\frac{R_1 + 2R_2}{R_1} \right) \quad (3.1)$$

Dengan mengatur $R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ K}\Omega$, maka :

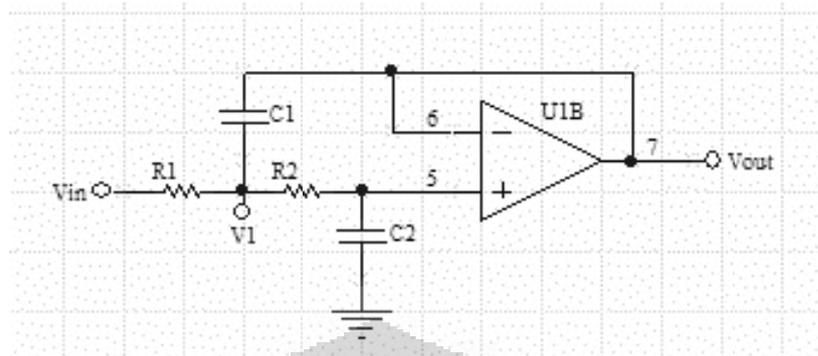
$$A = \frac{R_4}{R_3} \left(\frac{R_1 + 2R_2}{R_1} \right)$$

$$500 = \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \left(\frac{R_1 + 2(10 \text{ k}\Omega)}{R_1} \right)$$

$$R_1 = 40.08 \Omega$$

3.1.2 Rangkaian Low Pass Filter

Rangkaian filter ini berfungsi untuk ”menyelamatkan” frekuensi gelombang seismik yang diinginkan dan ”membuang” yang tidak dihendaki. Hal ini dikarenakan frekuensi gelombang seismik adalah frekuensi dengan batas tertentu.



Gambar 3.4 Skematik rangkaian *low pass filter* orde II

Pada penelitian ini digunakan jenis filter yang dapat melewatkan sinyal dengan frekuensi rendah dan membuang sinyal berfrekuensi tinggi atau yang sering disebut *low pass filter*. Respon filter yang digunakan adalah filter Butterworth orde II dengan penguatan satu. Filter Butterworth adalah filter yang memiliki respon keluaran yang datar (Faulkenberry, 1982). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

Fungsi transfer pada rangkaian *low pass filter* adalah:

$$\text{---} \text{---} \text{---} \quad (3.2)$$

$$\text{---} \quad (3.3)$$

$$\text{---} \quad (3.4)$$

$$\text{---} \quad (3.5)$$

Sehingga arus total pada V_1 adalah:

$$\text{---} \quad (3.6)$$

$$\text{---} \quad (3.7)$$

Dengan mengkalikan persamaan 3.7 dengan R_1 , maka didapatkan:

$$sR_1C_2V_{out} = V_{in} - V_1 + sR_1C_1(V_{out} - V_1) \quad (3.8)$$

Dengan mensubstitusikan V_1 , maka:

$$sR_1C_2V_{out} = V_{in} - V_{out}(sR_2C_2) + sR_1C_1V_{out} - sR_1C_1(sR_2C_2 + 1) \quad (3.9)$$

$$V_{out}(sR_1C_2 + V_{out}(sR_2C_2 + 1) + sR_1C_1(sR_2C_2 + 1) - sR_1C_1) = V_{in} \quad (3.10)$$

$$V_{out}(s^2R_1R_2C_1C_2 + s(R_1C_2 + R_2C_2) + 1) = V_{in} \quad (3.11)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{(s^2R_1R_2C_1C_2 + s(R_1C_2 + R_2C_2) + 1)} \quad (3.12)$$

Dengan membagi kedua ruas persamaan diatas dengan $R_1R_2C_1C_2$, maka:

$$H(s) = \frac{1/R_1R_2C_1C_2}{s^2 + s(1/R_2C_1 + 1/R_1C_1) + 1/R_1R_2C_1C_2} \quad (3.13)$$

sehingga didapatkan:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{R_1R_2C_1C_2} \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{\omega_0 R_1 R_2 C_1 C_2}{(R_1 + R_2) C_1} = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{(R_1 + R_2) C_1} \quad (3.15)$$

Dengan mengatur $R_1 = R_2 = R$, maka nilai Q , ω_0 , serta C_1 dan C_2 adalah:

$$Q = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{2C_2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \quad (3.16)$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{R^2 C_1 C_2} \quad (3.17)$$

$$C_1 = 4C_2 Q^2 \quad (3.18)$$

atau

$$C_1 = \frac{2Q}{R\omega_0} \quad (3.19)$$

Dan

$$C_2 = 1/2 RQ\omega_0 \quad (3.20)$$

Pada perancangan filter ini diinginkan frekuensi cutoff sebesar 150Hz sehingga berdasarkan persamaan diatas diperlukan nilai resistansi $R_1 = R_2$ sebesar 1.5 k Ω dan $C_1 = 1\mu\text{F}$ dan $C_2 = 0.5\mu\text{F}$.

3.1.3 Rangkaian *Clamper*

Rangkaian *clamper* adalah rangkaian aplikasi dioda yang bekerja dengan menambahkan tegangan dc ke sinyal masukan. Penggunaan rangkaian *clamper* pada penelitian ini sangat penting sebagai pengkondisi sinyal sebelum melewati ADC (*Analog to Digital Converter*) internal mikrokontroler H8/3069F. Hal ini dikarenakan ADC internal mikrokontroler H8/3069F adalah ADC 10-bit dengan rentang masukan 0-5V dc.

Rangkaian *clamper* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kapasitor elektrolit 10 μ F dan dioda 4001.

3.1.4 Pengkonversi Analog ke Digital Internal Mikrokontroler H8/3069F

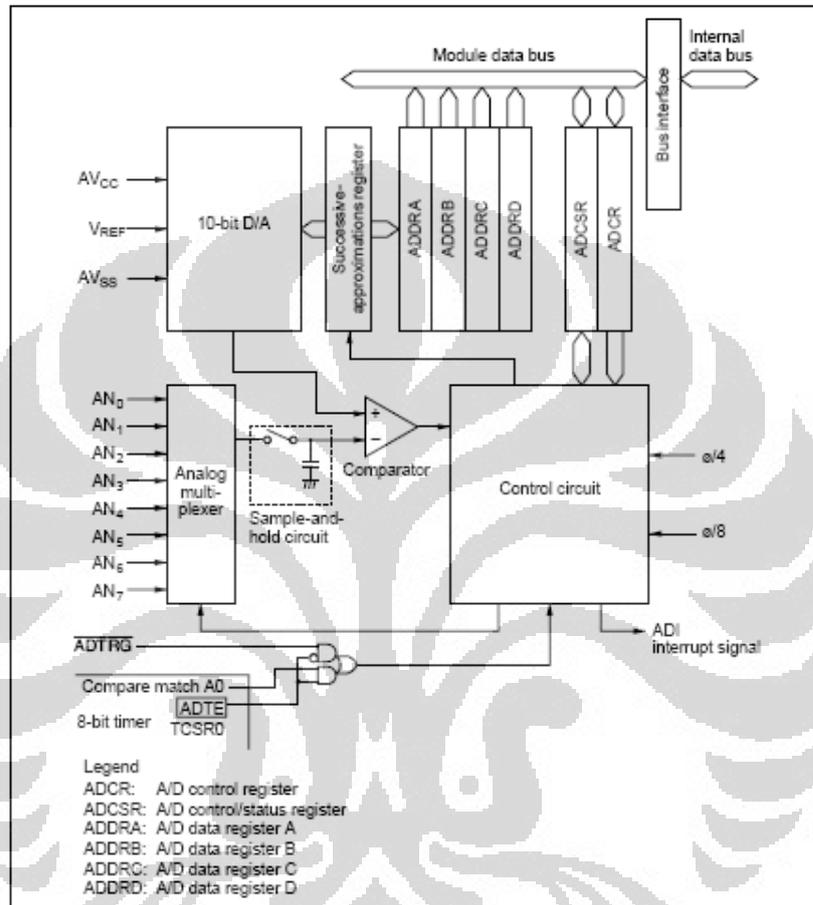
Sebelum diproses oleh sebuah *processor* (mikrokontroler), pada umumnya masukan sinyal analog yang telah melewati suatu pengkondisi sinyal dikonversi terlebih dahulu menjadi data digital. Konversi ini dilakukan oleh ADC (*Analog to Digital Converter*). Jadi, ADC adalah suatu rangkaian yang berfungsi mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.

Pada penelitian ini digunakan ADC internal mikrokontroler H8/3069F. ADC ini adalah ADC 10 bit yang menggunakan metode *successive-approximations*. Mikrokontroler H8/3069F menyediakan delapan (8) buah kanal input konversi sehingga menjadikan ADC ini sangat tepat diaplikasikan untuk sistem akuisisi data dengan banyak input.

Beberapa fitur ADC internal mikrokontroler H8/3069F adalah :

- Resolusi 10-bit,
- Memiliki 8 kanal input,
- Waktu konversi yang cepat (maksimum 3.5 μ s per kanal),
- Memiliki 2 mode konversi, yaitu : Mode *single* (mengkonsversi satu kanal) dan mode *scan* (mengkonsversi banyak kanal sekaligus),
- Batasan konversi tegangan input analog dapat ditentukan berdasarkan tegangan referensi pada pin Vref,
- Memiliki empat data register 16 bit,

- Terdapat fungsi *sample and hold*,
- Memiliki 3 sumber pemicu dimulainya konversi, yaitu dengan software, pemicu eksternal, dan timer 8 bit,
- *A/D end interrupt (ADI)*.

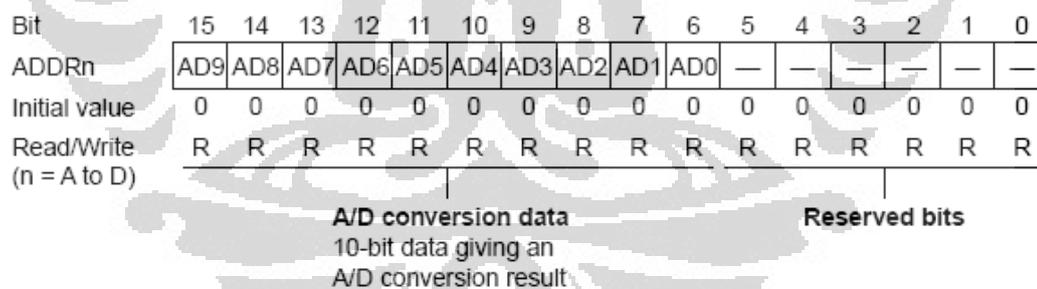


Gambar 3.5 Blok diagram ADC internal mikrokontroler H8/3069F

ADC internal mikrokontroler H8/3069F memiliki empat buah data register yaitu ADDRA sampai ADDR D yang masing-masing merupakan 16-bit *read only register* yang menyimpan hasil konversi. Setiap konversi akan menghasilkan data 10-bit yang kemudian akan disimpan ke dalam data register bergantung kanal yang dipilih.

Table 3.1 Konfigurasi register ADC internal mikrokontroler H8/3069F

Address	Name	Symbol	R/W	Initial value
H'FFFE0	A/D data register A H	ADDRAH	R	H'00
H'FFFE1	A/D data register A L	ADDRAL	R	H'00
H'FFFE2	A/D data register B H	ADDRBH	R	H'00
H'FFFE3	A/D data register B L	ADDRBL	R	H'00
H'FFFE4	A/D data register C H	ADDRCH	R	H'00
H'FFFE5	A/D data register C L	ADDRCL	R	H'00
H'FFFE6	A/D data register D H	ADDRDH	R	H'00
H'FFFE7	A/D data register D L	ADDRDL	R	H'00
H'FFFE8	A/D control/status register	ADCSR	R/(W)*	H'00
H'FFFE9	A/D control register	ADCR	R/W	H'7E



Gambar 3.6 Read only register 16 bit

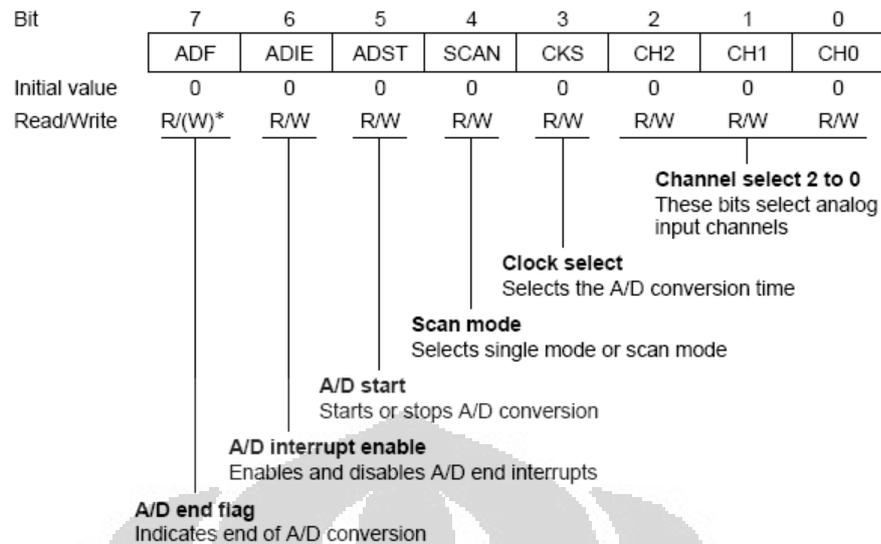
ADC H8/3069F menyediakan delapan pin kanal input yang dibagi menjadi dua grup, yaitu:

- Grup 0: terdiri dari AN0-AN3, dan
- Grup 1: terdiri dari AN4-AN7.

Tabel 3.2 Konfigurasi pin ADC internal mikrokontroler H8/3069F

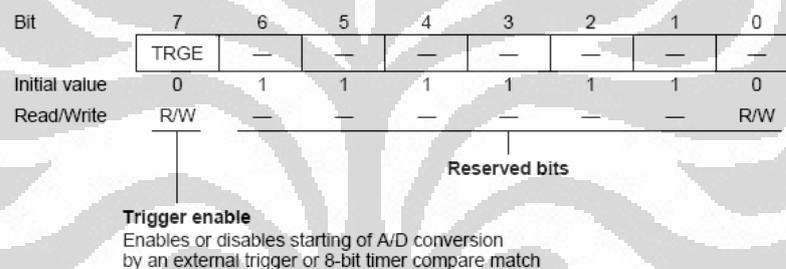
Pin	Simbol	I/O	Fungsi
Power suplai	AVcc	Input	Power suplai analog
Analog ground	Avss	Input	Analog ground
Tegangan referensi	Vref	Input	Tegangan referensi
Input analog 0	AN0	Input	Input analog grup 0
Input analog 1	AN1	Input	
Input analog 2	AN2	Input	
Input analog 3	AN3	Input	
Input analog 4	AN4	Input	Input analog grup 1
Input analog 5	AN5	Input	
Input analog 6	AN6	Input	
Input analog 7	AN7	Input	
Eksternal trigger	ADGRT	Input	Pemicu eksternal konversi

Dalam fungsi kontrol ADC, mikrokontroler H8/3069F memiliki dua buah register, yaitu ADCR (*Analog to Digital Control Register*) dan ADCSR (*Analog to Digital Control/Status Register*). ADCSR adalah register *readable/writable* 8-bit yang berfungsi untuk memilih mode dan mengontrol konversi sedangkan ADCR adalah register *readable/writable* 8-bit yang berfungsi untuk mengaktifkan eksternal *trigger* atau membandingkan konversi dengan *timer* 8-bit.



Note: * Only 0 can be written, to clear the flag.

Gambar 3.7 A/D Control/Status Register (ADCSR)



Gambar 3.8 A/D control register (ADCR)

3.2 Perangkat Lunak

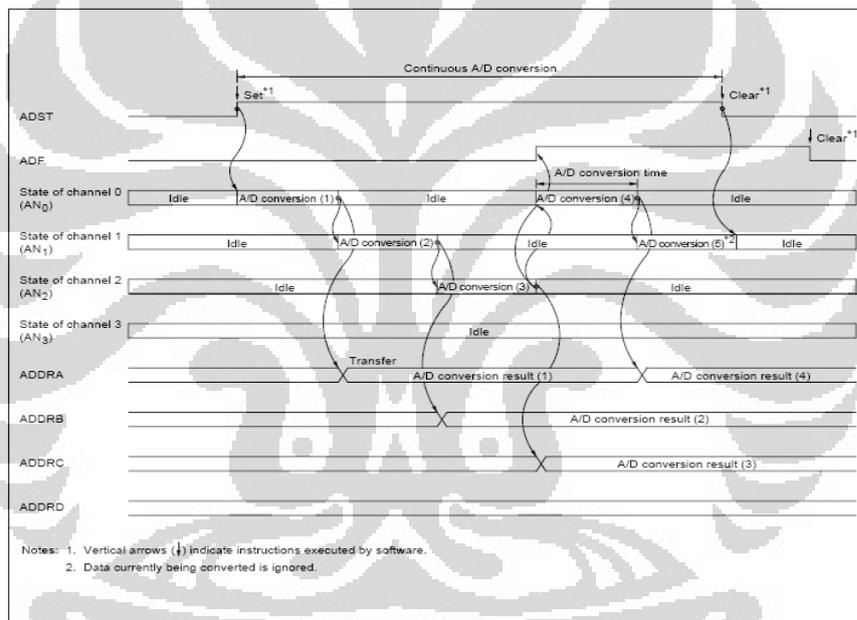
Perangkat lunak terdiri dari pemrograman ADC mikrokontroler H8/3069F dengan bahasa C dan GUI (*Graphical User Interface*) berbasis bahasa pemrograman Python serta pemrograman *database* MySQL. Pemrograman ADC internal mikrokontroler H8/3069F yang dirancang adalah mode *scan* yang dapat mengkonversi delapan kanal input sekaligus, sesuai dengan jumlah sensor yang digunakan. Setelah dikonversi, data tersebut akan dikirim ke PC melalui koneksi serial dan ditampilkan pada GUI serta disimpan dalam database MySQL.

3.2.1 Pemrograman ADC Internal Mikrokontroler H8/3069F

ADC H8/3069F adalah ADC yang menggunakan prinsip *successive approximations* dengan resolusi 10-bit. ADC ini memiliki dua mode operasi, yaitu

single mode dan *scan mode*. *Scan mode* sangat berguna untuk memonitoring input analog dalam satu grup atau banyak kanal seperti pada penelitian ini.

Pada algoritma pemrograman ADC internal mikrokontroler H8/3069F mode *scan*, pertama-tama kita harus memberikan logika 1 pada bit ADCSR SCAN, kemudian pilih grup kanal input dan memberikan logika 1 pada ADST baik secara *software* maupun pemicu eksternal. Konversi analog ke digital akan dimulai dari kanal input pertama pada grup 0 (AN0 ketika kanal CH2 = 0, AN4 ketika CH2 = 1). Konversi ini akan dilanjutkan pada kanal selanjutnya yang dipilih hingga bit ADST bernilai 0. Data hasil konversi ini kemudian akan disimpan dalam data register sesuai dengan kanalnya.



Gambar 3.9 Alur operasi ADC mode *scan*

Pemrograman ADC ini menggunakan bahasa pemrograman C yang kemudian di-*compile* menjadi file “.mot” dengan program WinAVR. Komunikasi dan pemrograman mikrokontroler H8/3069F dilakukan secara serial. Untuk memasukkan sebuah program ke dalam mikrokontroler H8/3069F, pertama-tama kita harus mengkoneksikan serial mikrokontroler dengan PC. Setelah itu, kita dapat memprogramnya dengan mencari file “.mot” yang sudah kita buat sebelumnya pada *command prompt*. Kemudian ketikkan `h8write.exe -3069f -f20 (file.mot) com9`.

Sebelum melakukan *writing* ke modul mikrokontroler H8/3069F, aturlah posisi *DIP switch* ke mode-3 seperti pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Posisi *DIP Switch* mode *writing*

	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4
ON	O	O		O
OFF			O	

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\ciTyWePuNyA>G:
G:\>cd testadc
G:\testadc>ls
Makefile  delay.c      ioh83069.h  main.mot    start.S    vects.c
adc.c     delay.h      main.c      main.out    uart.c
adc.h     interrupt.h  main.map    rom3068f.ld  uart.h

G:\testadc>h8write.exe -3069 -f20 main.mot com9
'h8write.exe' is not recognized as an internal or external command,
operable program or batch file.

G:\testadc>h8write.exe -3069 -f20 main.mot com9
H8/3069F is ready! 2002/5/20 Yukio Mituiwa.
writing
WARNING:This Line dosen't start with"S".
Address Size seems wrong
WARNING:This Line dosen't start with"S".
Address Size seems wrong
.....
EEPROM Writing is succeeded.
G:\testadc>

```

Gambar 3.10 Langkah-langkah saat melakukan *writing* program ADC internal mikrokontroler H8/3069F

Setelah melakukan *writing* ubahlah posisi *DIP switch* untuk melakukan *reading* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4

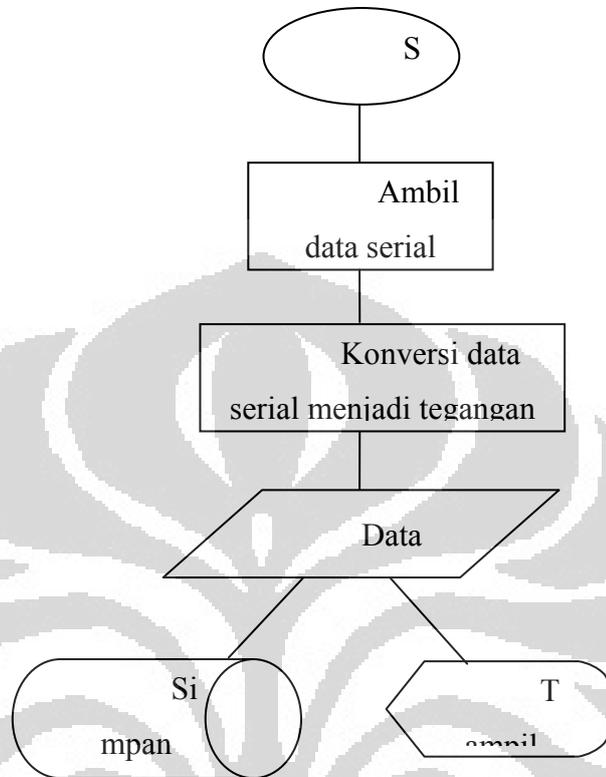
Tabel 3.4 Posisi *DIP switch* mode *reading*

	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4
ON	O	O	O	
OFF				O

3.2.2 Pemrograman Tampilan GUI (*Graphical User Interface*) Python

Perangkat lunak pada GUI sistem akuisisi data gelombang seismik ini menggunakan bahasa pemrograman Python yang dikategorikan sebagai bahasa tingkat tinggi. *Library* Python yang digunakan untuk membuat tampilan GUI pada penelitian ini adalah wxPython sedangkan *library* yang digunakan untuk

membaca atau menulis data pada *database* MySQL-Python. Diagram alur dari pembuatan GUI ditunjukkan pada gambar 3.10.



Gambar 3.11 Flowchart tampilan GUI Python

3.2.3 Penyimpanan Data

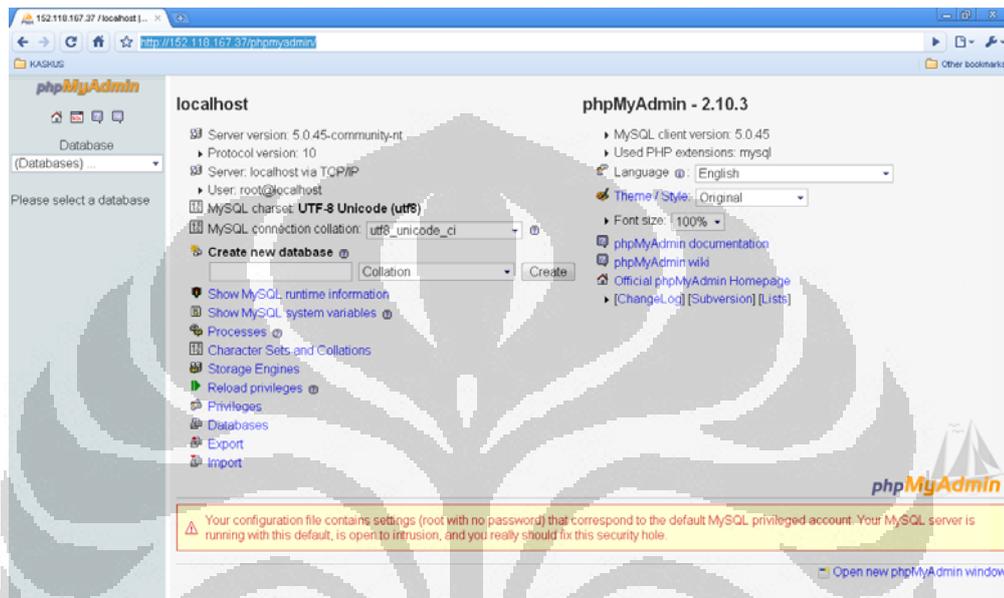
Database yang digunakan untuk menampung data dari delapan buah sensor *geophone* adalah MySQL. Data tersebut berupa besarnya nilai amplitudo gelombang seismik dan waktu pengambilannya. Hasil yang sudah diterima kemudian ditampung pada *database* dan dapat langsung ditampilkan pada GUI secara *real time*.

Database yang dibuat nantinya dapat menyimpan data tanggal dan waktu pengambilan data serta data amplitudo delapan kanal input. Data ini kemudian dapat di simpan di dalam memori komputer, baik komputer yang langsung dihubungkan dengan sistem akuisisi (komputer lokal) maupun komputer server yang memiliki jaringan dengan komputer lokal.

Perancangan *database* MySQL dibuat terdiri dari delapan kolom yang masing-masing adalah nomor data (id), tanggal (date), waktu (time), data1, data2,

data3, data4, data5, data6, data7, dan data8. Skrip perancangan *database* ini adalah sebagai berikut:

```
CREATE TABLE tbl_data (id int(11) auto_increment, tanggal date, waktu time, data1 varchar (10), data2 varchar (10), data3 varchar (10), data4 varchar (10), data5 varchar (10), data6 varchar (10), data7 varchar (10), data8 varchar (10), primary key (id));
```



Gambar 3.12 Database MySQL

BAB 4

ANALISIS HASIL PENELITIAN

4.1 Perangkat Keras

Sistem akuisisi data gelombang seismik ini terdiri dari blok penguat, filter, rangkaian *clamped*, dan ADC internal mikrokontroler H8/3069F yang seluruhnya merupakan perangkat keras sistem. Dalam proses perancangannya, pertama dilakukan pengujian terhadap masing-masing blok untuk mendapatkan karakteristik dan menguji fungsi blok tersebut. Pengujian tersebut meliputi:

1. Uji keluaran *geophone*.
2. Uji rangkaian penguat instrumentasi.
3. Uji daerah frekuensi kerja dari blok-blok rangkaian yang mengolah sinyal analog.
4. Uji linearitas dari rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) internal mikrokontroler H8/3069F.
5. Uji sistem akuisisi data gelombang seismik.

4.1.1 Uji Keluaran *Geophone*

Pengujian keluaran *geophone* dilakukan untuk memastikan bahwa *geophone* berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan pada delapan buah *geophone* yang akan digunakan sebagai sensor atau *receiver* pada sistem akuisisi data gelombang seismik yang akan dibuat.



Gambar 4.1 Gelombang keluaran *geophone*

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan *geophone* dengan osiloskop dan kemudian menggetarkannya. Hasilnya, gelombang keluaran *geophone* merupakan gelombang teredam seperti terlihat pada gambar 4.1. Gelombang keluaran *geophone* juga menunjukkan bahwa tingginya amplitudo gelombang bergantung pada besarnya getaran yang diterima sedangkan frekuensi yang ditangkap bergantung pada frekuensi sumber getarannya dimana pada gambar 4.1 menunjukkan frekuensi minimumnya adalah sebesar 20Hz.

4.1.2 Uji Rangkaian Penguat Instrumentasi

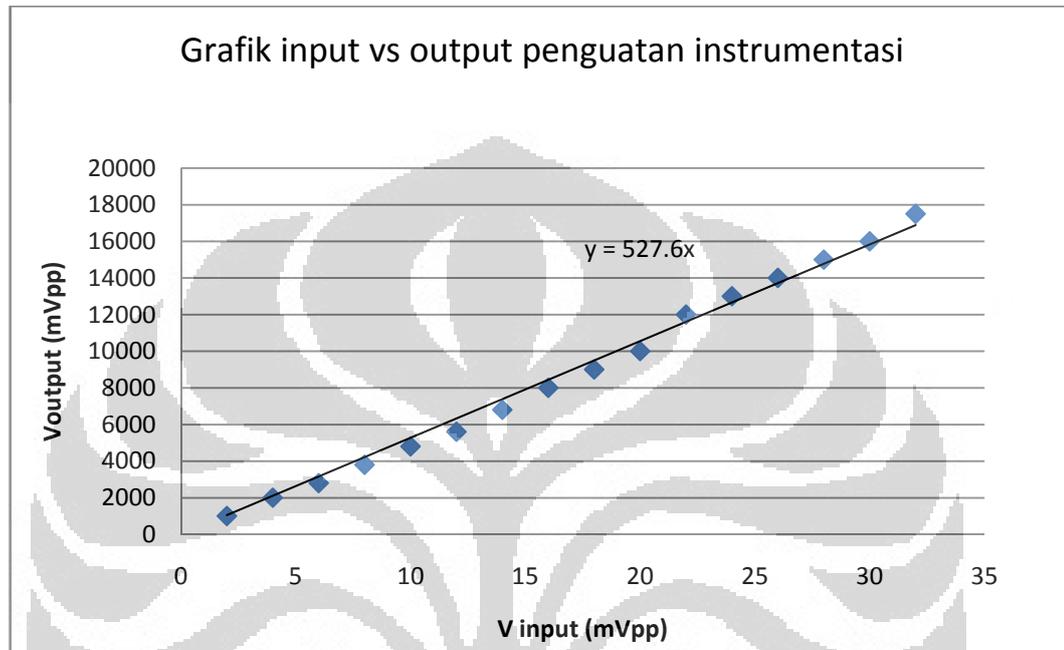
Sistem akuisisi data seismik ini terdiri dari rangkaian penguat yang berfungsi untuk menguatkan sinyal seismik. Rangkaian penguat yang digunakan adalah penguat instrumentasi dengan penguatan 500x ($A = 500$).

Pengambilan data dilakukan dengan perancangan dan pengaturan terhadap setiap komponen rangkaian seperti pada perancangan alat. Dengan cara memvariasikan besar nilai input yang diberikan dalam rentang 2-32 mVpp kemudian melihat keluarannya pada osiloskop.

Table 4.1 Data penguatan rangkaian penguat instrumentasi

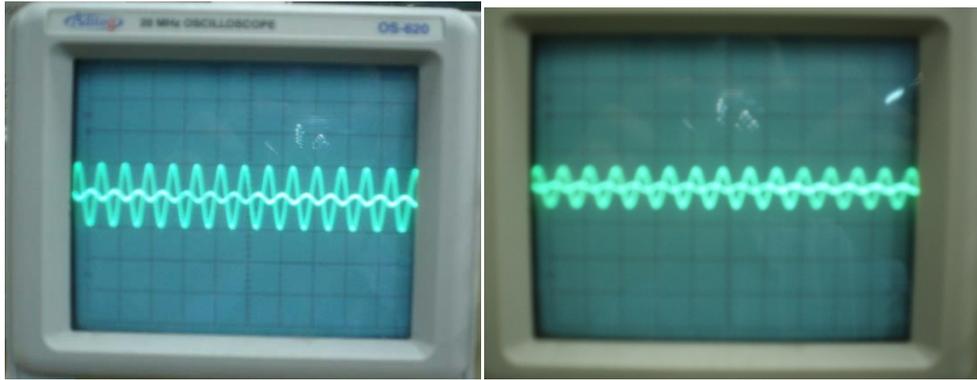
No.	Vin (mVpp)	Vout (mVpp)	Penguatan
1	2	1000	500.00
2	4	2000	500.00
3	6	2800	466.67
4	8	3800	475.00
5	10	4800	480.00
6	12	5600	466.67
7	14	6800	485.71
8	16	8000	500.00
9	18	9000	500.00
10	20	10000	500.00
11	22	12000	545.45
12	24	13000	541.67
13	26	14000	538.46

14	28	15000	535.71
15	30	16000	533.33
16	32	17500	546.88
A rata-rata			507.22



Gambar 4.2 Grafik penguatan rangkaian penguat instrumentasi

Data pengujian menunjukkan bahwa penguatan yang didapatkan adalah sebesar 507.22. Penguatan ini sedikit tidak sesuai dengan penguatan yang diinginkan, yaitu sebesar 500x. Hal ini dapat disebabkan oleh nilai toleransi resistor yang digunakan dan penggunaan variabel resistor yang digunakan. Pada pengujian, peneliti menggunakan resistor dengan toleransi 5% dan potensiometer dengan hambatan maksimum 1 k Ω yang sensitivitasnya kurang baik. Oleh karena itu, pada perancangan sistem sesungguhnya akan digunakan resistor dengan nilai toleransi 1% dan *multitune* 500 Ω sehingga pada perancangannya, penguatan yang tepat akan mudah didapatkan.



Gambar 4.3 Input dan output rangkaian penguatan instrumentasi

Pada perancangannya, penguat instrumentasi memiliki tegangan *offset* input yang muncul pada keluarannya. Tegangan *offset* input adalah tegangan yang muncul ketika kedua inputnya tidak memiliki beda tegangan ($V_{in1} = V_{in2}$). Masing-masing IC *op-amp* memiliki tegangan *offset* input yang berbeda-beda sehingga pemilihan IC *op-amp* yang memiliki kualitas dan tegangan *offset* input yang rendah sangat diperlukan.

4.1.3 Uji rangkaian *low pass filter*

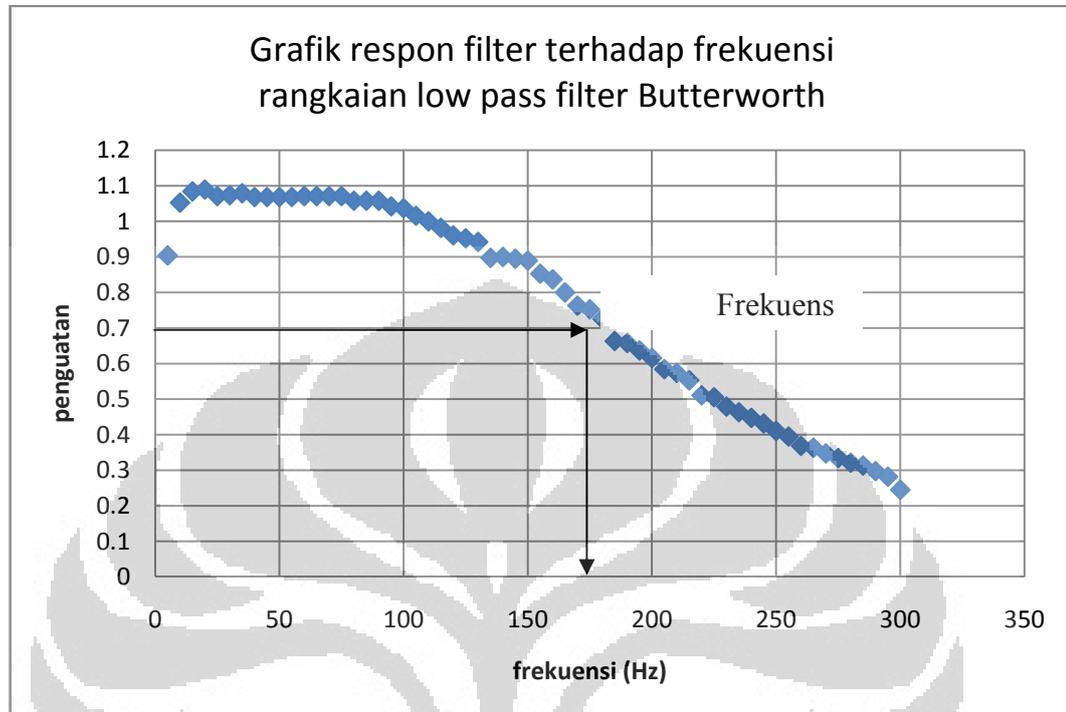
Pengambilan data pada rangkaian *low pass filter* dilakukan dengan memvariasikan kenaikan frekuensi 5 Hz dengan frekuensi akhir 300 Hz. Data yang diukur adalah tegangan masukan dan tegangan keluarannya.

Tabel 4.2 Nilai Input dan output pada filter setiap variasi kenaikan frekuensi 5 Hz.

No.	f_{in} (Hz)	A	V_{in} (mV)	V_{out} (mV)
1	5	0.903947	380	343.5
2	10	1.052632	380	400
3	15	1.084211	380	412
4	20	1.089474	380	414
5	25	1.071053	380	407
6	30	1.073684	380	408
7	35	1.078947	380	410
8	40	1.068421	380	406
9	45	1.068421	380	406
10	50	1.068421	380	406
11	55	1.068421	380	406
12	60	1.071053	380	407
13	65	1.071053	380	407
14	70	1.071053	380	407
15	75	1.071053	380	407

16	80	1.057895	380	402
17	85	1.057895	380	402
18	90	1.057895	380	402
19	95	1.042105	380	396
20	100	1.036842	380	394
21	105	1.015789	380	386
22	110	1	380	380
23	115	0.981579	380	373
24	120	0.960526	380	365
25	125	0.952632	380	362
26	130	0.942105	380	358
27	135	0.897368	380	341
28	140	0.9	380	342
29	145	0.894737	380	340
30	150	0.889474	380	338
31	155	0.852632	380	324
32	160	0.836842	380	318
33	165	0.8	380	304
34	170	0.763158	380	290
35	175	0.752632	380	286
36	180	0.726316	380	276
37	185	0.663158	380	252
38	190	0.657895	380	250
39	195	0.636842	380	242
40	200	0.615789	380	234
41	205	0.584211	380	222
42	210	0.573684	380	218
43	215	0.552632	380	210
44	220	0.510526	380	194
45	225	0.505263	380	192
46	230	0.478947	380	182
47	235	0.463158	380	176
48	240	0.447368	380	170
49	245	0.431579	380	164
50	250	0.410526	380	156
51	255	0.394737	380	150
52	260	0.368421	380	140
53	265	0.363158	380	138
54	270	0.347368	380	132
55	275	0.334211	380	127
56	280	0.321053	380	122
57	285	0.313158	380	119
58	290	0.297368	380	113

59	295	0.281579	380	107
60	300	0.244737	380	93



Gambar 4.4 Grafik respon frekuensi *low pass filter*



Gambar 4.5 Respon input dan output *low pass filter* terhadap kenaikan frekuensi

Berdasarkan data pengujian, dapat kita lihat bahwa penguatan filter *low pass* akan semakin menurun seiring kenaikan frekuensi input. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal dengan frekuensi tinggi akan diblok, sedangkan sinyal dengan frekuensi rendah sampai frekuensi *cut off* akan dilewatkan. Perancangan filter ini sesuai dengan karakteristik sinyal seismik yang berada di sekitar frekuensi 0-150 Hz. Pada perancangan rangkaian filter, frekuensi *cut off* yang

diharapkan adalah 150 Hz, yaitu dengan konfigurasi nilai $R1 = R2 = 1.5 \text{ k}\Omega$ dan nilai $C1$ dan $C2$ sebesar $1\mu\text{F}$ dan $0.5\mu\text{F}$. Akan tetapi, bila dilihat grafik respon filter gambar 4.3, frekuensi *cut off* yang dihasilkan adalah sekitar 170 Hz. Hal ini dikarenakan besarnya nilai $C2$ pada perancangan sesungguhnya adalah bukan sebesar $0.5 \mu\text{F}$ melainkan sebesar $0.47 \mu\text{F}$. Hal ini karena nilai kapasitansi kapasitor $0.5 \mu\text{F}$ sulit ditemukan dipasaran sehingga peneliti menggantinya dengan nilai $0.47 \mu\text{F}$.

Pada filter aktif yang menggunakan komponen aktif (*op-amp*), pada keluarannya akan terjadi penguatan. Inilah salah satu yang membedakan antara filter aktif dan filter pasif. Besarnya penguatan pada perancangan filter inilah adalah satu kali dan hasil perancangannya menunjukkan bahwa penguatan (A) dominannya adalah sebesar 1.07. Dengan besar penguatan sebesar ini nantinya kita akan mendapatkan bahwa besarnya frekuensi *cutoff* adalah sebesar $0.707A$. Saat frekuensi *cutoff* = $0.707 \times 1.07 = 0.76$. Dengan menarik garis tegak lurus penguatan ke frekuensi atau melihat data frekuensi yang didapatkan saat penguatan 0.76, maka didapatkan besar frekuensi *cutoff* sebesar 170 Hz .

4.1.4 Uji linearitas dari rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) internal mikrokontroler H8/3069F

Mikrokontroler H8/3069F memiliki ADC internal 10 bit 8 kanal. ADC ini memiliki jangkauan masukan dari 0 sampai 5 Volt. Pada aplikasi sistem akuisisi data multikanal, ADC mode *scan* adalah metode yang sangat efektif sehingga penggunaan ADC internal mikrokontroler H8/3069F adalah tepat karena kemampuannya.

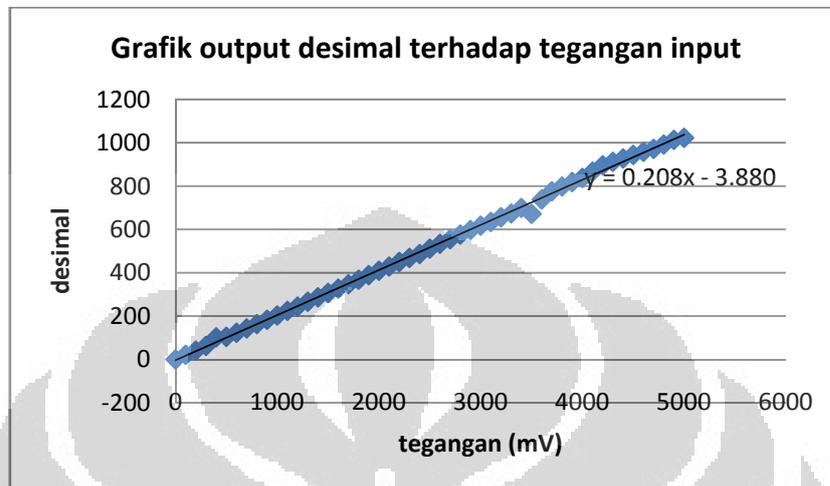
Pengujian ADC internal mikrokontroler H8/3069F dilakukan dengan memberikan variasi input pada satu kanal yang kemudian melihat hasil konversinya pada *hyperterminal* PC.

Tabel 4.3 Tegangan *input* dan *output* pada ADC internal mikrokontroler H8/3069F

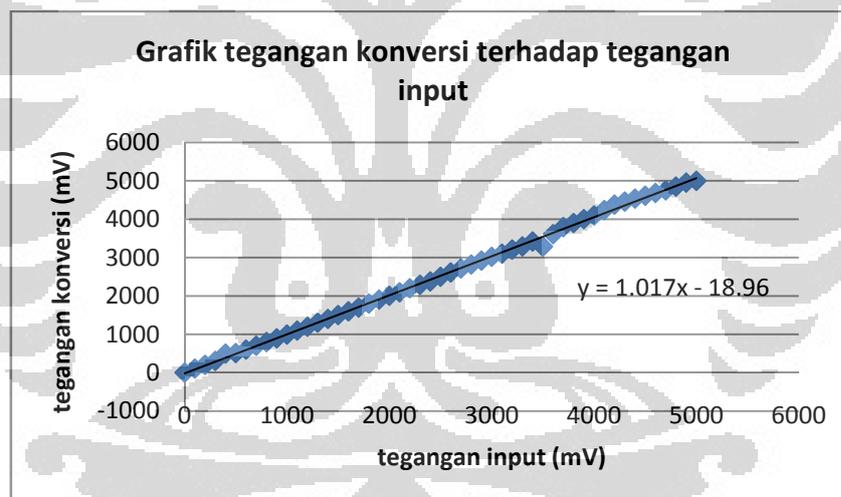
No	input (mV)	output	
		desimal	tegangan
1	0	0.2	0.977517
2	100	21.4	104.5943
3	200	41.2	201.3685
4	300	62.6	305.9629

5	400	101.8	497.5562
6	500	104.5	510.7527
7	600	123.1	601.6618
8	700	143.2	699.9022
9	800	163.1	797.1652
10	900	183	894.4282
11	1000	203	992.1799
12	1100	224.2	1095.797
13	1200	244.4	1194.526
14	1300	266.5	1302.542
15	1400	286.7	1401.271
16	1500	306.7	1499.022
17	1600	326.8	1597.263
18	1700	347.1	1696.481
19	1800	368	1798.631
20	1900	389.2	1902.248
21	2000	409.5	2001.466
22	2100	428.8	2095.797
23	2200	450.1	2199.902
24	2300	468.9	2291.789
25	2400	486.6	2378.299
26	2500	511.4	2499.511
27	2600	534	2609.971
28	2700	555.1	2713.099
29	2800	576.4	2817.204
30	2900	597.5	2920.332
31	3000	617.4	3017.595
32	3100	634.7	3102.151
33	3200	656.3	3207.722
34	3300	673.4	3291.3
35	3400	699.2	3417.4
36	3500	672.2	3285.435
37	3600	738.3	3608.504
38	3700	776.3	3794.233
39	3800	798	3900.293
40	3900	818.5	4000.489
41	4000	837.9	4095.308
42	4100	866.8	4236.559
43	4200	896	4379.277
44	4300	912	4457.478
45	4400	928	4535.679
46	4500	944	4613.881
47	4600	958.4	4684.262

48	4700	971.7	4749.267
49	4800	992	4848.485
50	4900	1013.4	4953.079
51	5000	1023	5000



(a)



(b)

Gambar 4.6 (a) Respon output desimal terhadap tegangan input (b) Respon tegangan konversi terhadap tegangan input ADC internal mikrokontroler H8/3069F

ADC internal mikrokontroler H8/3069F memiliki resolusi 10 bit. Hal ini menunjukkan bahwa ADC tersebut dapat menghasilkan output 10 kode digital (10 bit = 1023), yang berarti ADC ini memiliki sensitivitas $5/1023 \approx 0.005$ V.

Pada pengambilan data konversi, terlihat bahwa ketika kita memasukkan input tegangan maka tampilan pada *hyperterminal* PC adalah bilangan digital yang merupakan hasil konversi ke bilangan desimal. Apabila bilangan desimal

tersebut kita ingin dikonversi ke dalam bilangan yang menyatakan tegangan maka kita harus melakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan hasil konversi} = \frac{\text{output desimal}}{1023} \times 5 \text{ Volt}$$

Grafik respon output ADC internal mikrokontroler H8/3069 diatas menunjukkan bahwa output yang dihasilkan cukup linear dengan input yang diberikan. Data ADC ini memiliki kesalahan literatur sebesar 19.56 %. Kesalahan literatur ini diperoleh dengan membandingkan input yang diberikan dengan output hasil konversi. Kesalahan ini sangat mungkin disebabkan oleh sumber tegangan input yang tidak stabil. Hal ini peneliti ketahui oleh peneliti ketika membaca tegangan input dengan voltmeter yang hasilnya menunjukkan pembacaan tegangan yang berubah-ubah.

4.1.5 Uji Sistem Akuisisi Data Gelombang Seismik

Pengujian sistem dilakukan dengan melihat melihat gelombang keluaran dari input yang diberikan. Pengujian sistem ini terdiri dari pengujian filter dan pengujian terhadap terhadap sumber getaran yang sama tetapi dengan jarak yang berbeda.

Pengujian filter dilakukan dengan memberikan input dengan variasi frekuensi. Hal ini dilakukan untuk menguji apakah sistem dapat melewatkan sinyal dengan frekuensi dibawah frekuensi *cutoff* dan melemahkan sinyal diatas frekuensi *cutoff*.



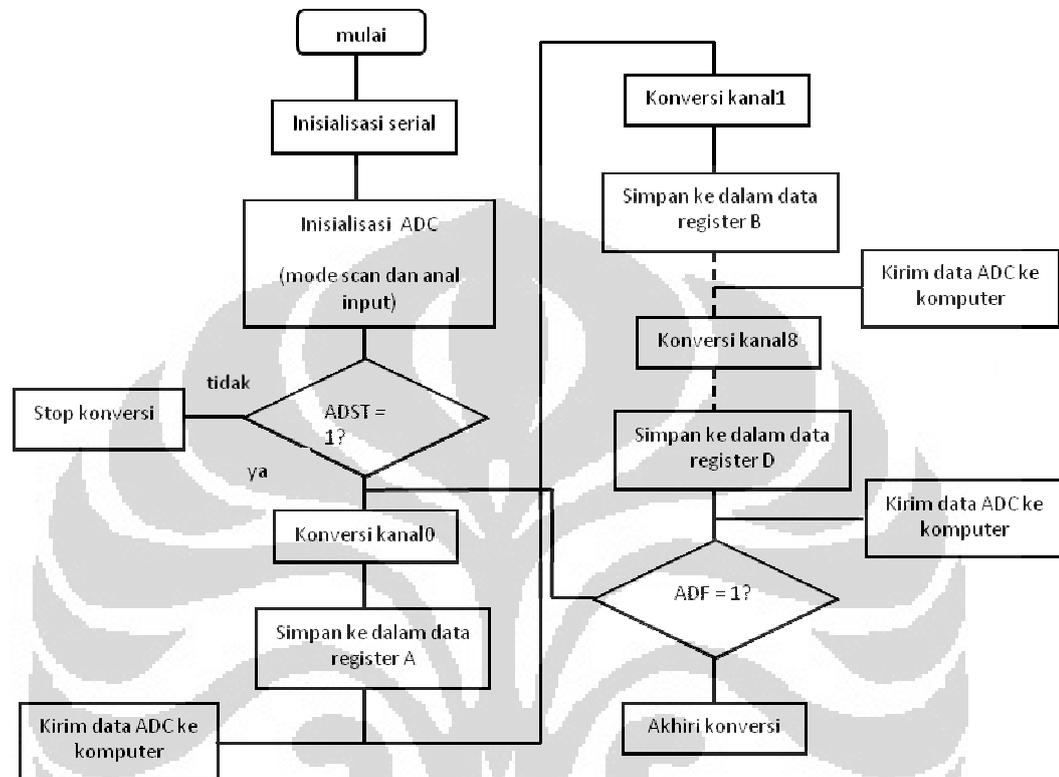
Gambar 4.7 Pengujian sistem terhadap sinyal diatas frekuensi *cutoff*

4.2 Perangkat Lunak

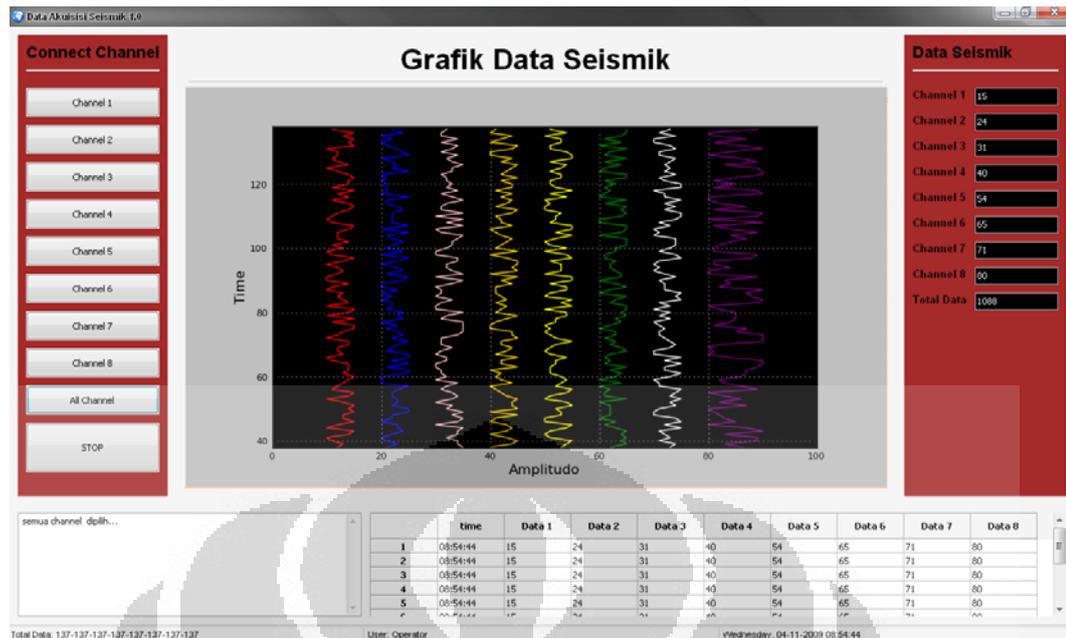
4.2.1 Pemrograman ADC Internal Mikrokontoler H8/3069F Mode *Scan*

Pemrograman ADC internal mikrokontroler H8/3069F yang digunakan pada sistem akuisisi data gelombang seismik ini adalah mode scan yang dapat

mengkonversi delapan kanal input sekaligus. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C yang di-*compile* menjadi file “.mot”. Pemrograman ADC mode *scan* tersebut diprogram sesuai dengan *flowchart* dibawah.



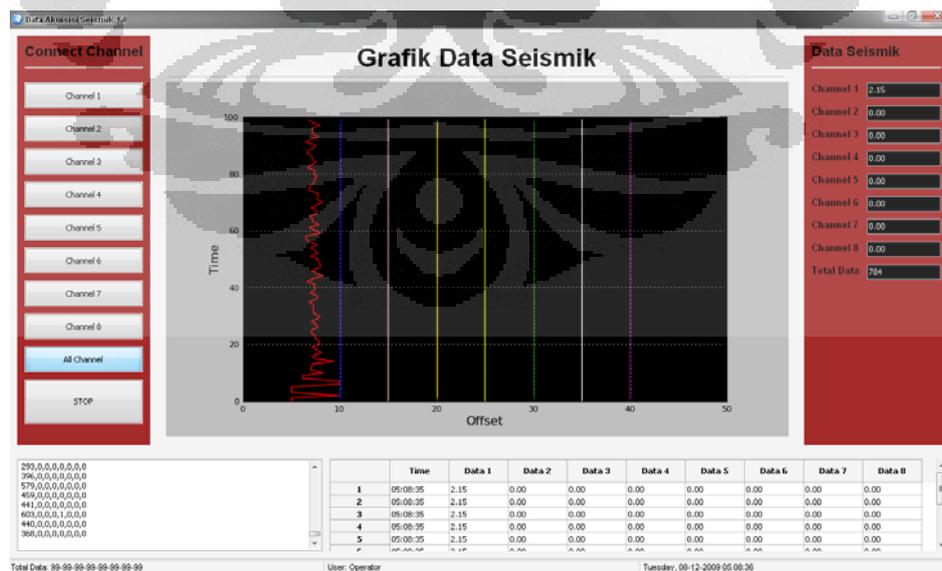
Gambar 4.8 *Flowchart* pemrograman adc internal mikrokontoler H8/3069F mode *scan*



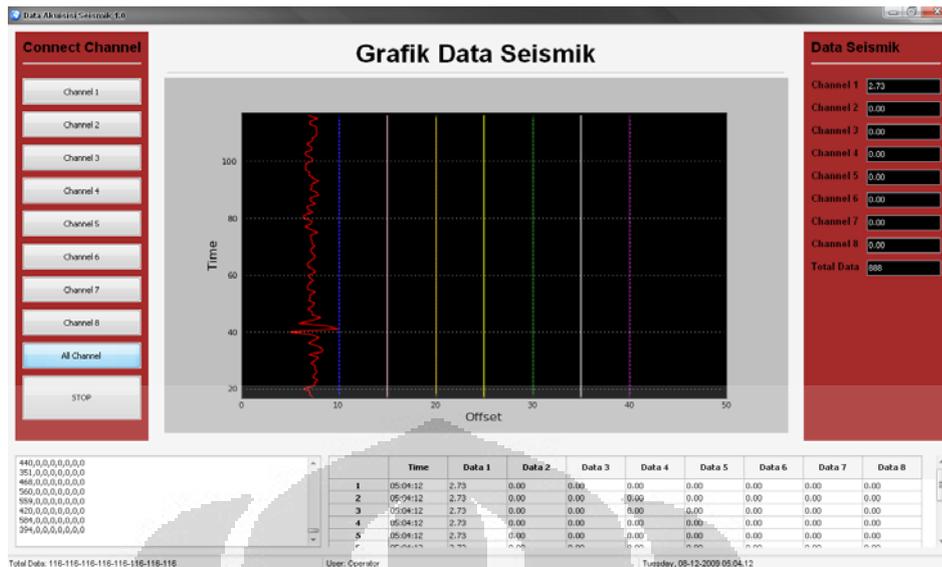
Gambar 4.10 GUI sistem akuisisi data gelombang seismik

4.3 Hasil Data Lapangan

Sebelum pengambilan data gelombang seismik di lapangan, terlebih dahulu dilakukan pengujian sistem akuisisi data gelombang seismik di laboratorium. Pengujian terhadap sistem ini dilakukan dengan memberikan sumber getaran buatan yang sama namun dengan jarak yang berbeda, yaitu dengan jarak 10cm dan 1m.



Gambar 4.11 Uji sistem terhadap sumber getaran buatan dengan jarak 10 cm



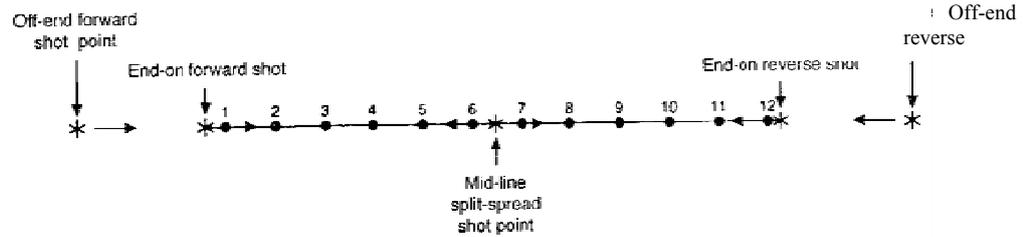
Gambar 4.12 Uji sistem terhadap sumber getaran buatan dengan jarak 1 m

Data grafik di atas menunjukkan bahwa saat sumber getaran berjarak 10 cm, gelombang yang muncul adalah sekitar 5 ms sedangkan saat sumber berjarak 1 m gelombang muncul sekitar 40 ms. Berdasarkan data yang didapatkan tersebut, terlihat bahwa semakin jauh sumber getarannya maka waktu yang ditempuh gelombang untuk tiba atau ditangkap oleh *geophone* akan semakin lama. Hal ini menunjukkan bahwa antara jarak dengan waktu memiliki hubungan berbanding terbalik.

$$s \approx \frac{1}{t}$$

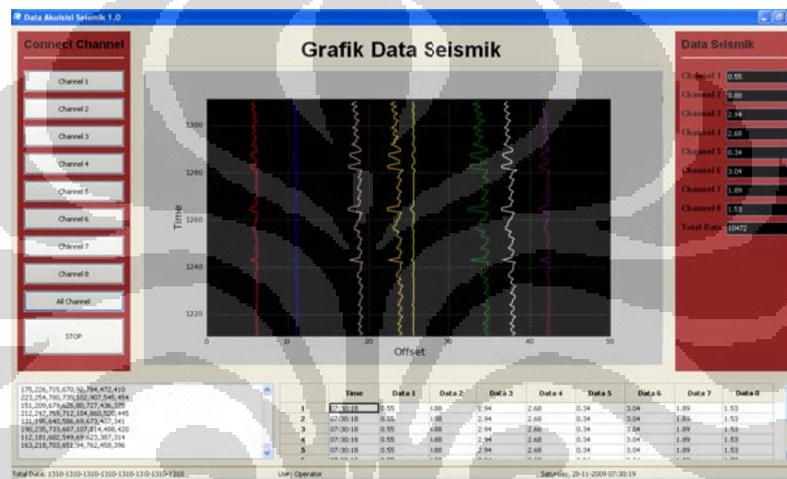
Dimana s adalah jarak sumber getaran dengan *geophone* dan t adalah waktu tiba gelombang.

Setelah pengujian di laboratorium, kemudian dilakukan pengambilan data di lapangan yang dilakukan dengan menggunakan sumber getaran buatan yang berasal dari lempeng besi yang digetarkan dengan palu. Sumber getaran ini kemudian akan ditangkap oleh delapan *geophone* yang disusun secara sejajar dengan jarak 2 meter. Konfigurasi *geophone* dengan sumber getaran yang digunakan adalah *mid line split spread point* dan *off-end reverse shot point*.



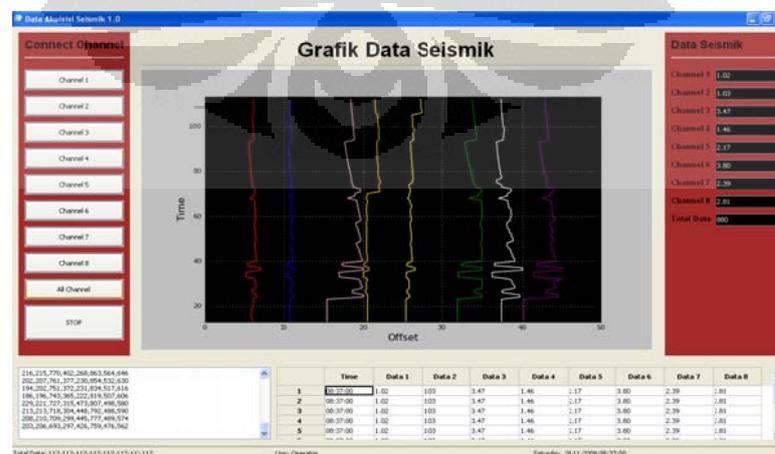
Gambar 4.13 Konfigurasi sumber getaran dengan *geophone*

Pada konfigurasi *mid line split spread point*, sumber getaran terletak di tengah delapan *geophone* yang berjarak masing-masing dua meter diantara *geophone* ke-4 dan ke-5. Gelombang yang dihasilkan pada konfigurasi ini ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.14 Gelombang keluaran *mid line split spread point*

Pada konfigurasi selanjutnya yaitu *off-end reverse shot point*, sumber getaran diletakkan pada ujung delapan *geophone* yang disusun secara sejajar. Jarak antar sumber getaran dengan *geophone* terdekat adalah 8 meter.



Gambar 4.15 Gelombang keluaran *off-end reverse shot point*

Data yang didapatkan diatas menunjukkan adanya perbedaan amplitudo dan waktu tiba gelombang. Hal ini disebabkan oleh jarak antara sumber getaran dengan *geophone* berbeda. Akan tetapi, terdapat faktor lain yang menyebabkan cepat/lamanya gelombang ditangkap *geophone* diantaranya adalah densitas batuan yang dilewati oleh gelombang seismik. Gelombang seismik yang melewati batuan dengan densitas tinggi akan semakin cepat dibandingkan gelombang yang melewati batuan dengan densitas yang lebih rendah. Berdasarkan prinsip tersebut dan prinsip geofisika lainnya maka kita dapat menganalisa dan mendapatkan gambaran mengenai bawah permukaan tanah.



BAB 5 PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

- Sistem akuisisi data dengan mikrokontroler H8/3069F merupakan sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan, dan menyiapkan data dengan mikrokontroler H8/3069F.
- Perancangan sistem akuisisi data dengan mikrokontroler H8/3069F dapat dilakukan dengan memanfaatkan ADC internal mikrokontroler H8/3069F yang memiliki resolusi 10 bit dan delapan kanal input sehingga dapat digunakan pada perancangan sistem akuisisi data multikanal.
- Perancangan sistem akuisisi data gelombang seismik dengan mikrokontroler H8/3069F terdiri dari rangkaian penguat, filter, dan *clamper* positif yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal ADC internal mikrokontroler H8/3069F. Hasil perekaman seismik ini kemudian disimpan ke dalam *database MySQL* dan ditampilkan pada GUI berbasis Phyton.
- Telah dirancang sistem akuisisi data gelombang seismik yang relatif murah yang hanya memerlukan dana sekitar Rp.1000.000.

5.2 SARAN

Penelitian lebih lanjut untuk yang dalam usaha pengembangan dan menambah kualitas penelitian ini dapat dilakukan dengan :

- Pemilihan penguat yang memiliki nilai tegangan *offset* input lebih rendah.
- Penambahan *smoothing filter* pada keluaran ADC guna menghasilkan gelombang keluaran yang bagus.
- Penerapan *software* pemantauan pada OS yang *open source* seperti Linux, dan sebagainya.

DAFTAR ACUAN

- _____, 2004, *Filter Design*, diakses dari <http://www.daycounter.com/Filters> pada tanggal 27 Oktober 2009.
- _____, 2009, *Overview of the MySQL Database Management System* diakses dari <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/what-is-mysql.html> pada tanggal 4 Oktober 2009.
- Alfa JK, MAS., et.al., 2008, *Osiloskop Digital Dua Kanal Menggunakan Mikrokontroler 16 Bit H8/3069F*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SATEK) II, Lampung.
- Asrar, Allan, 2008, *Sistem Akuisisi Data Enam Channel Menggunakan Mikrokontroler H8/3069F*, Departemen Fisika FMIPA UI, Depok.
- Faulkenberry, Luces M., 1982, *An introduction to Operational Amplifier 2nd edition*. John Wiley and sons, Canada.
- Gadallah, M. and Fisher R, 2009, *Exploration Geophysics: An Introduction*. : Springer, pp 5, German.
- Halliday, David and Robert Resnick, 1966, *Physics Combined Edition*, John Willey & Sons, Inc, New York.
- Hasan, Abu. 1999. *Sistem Akuisisi Data*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
http://www.renesas.com/fmwk.jsp?cnt=h8_family_landing.jsp&fp=/product/s/mpumcu/h8_family/ pada tanggal 15 September 2009 pukul 15.27 WIB.
- Kirsch, R, 2006, *Groundwater Geophysics*. Springer, Berlin.
- Lowrie, W, 2007, *Fundamental of Geophysics*. Cambridge University Press, New York.
- Malvino, 1993. *Electronic Principle*. McGraw- Hill Book Company, New York.
- Norton Peter., et.al., 2005. *Beginning Python*. Wiley Publishing, Inc, Indiana.
- Purwanto, 2007, *Karakterisasi Reservoir Karbonat Dengan Menggunakan Analisis Avo dan Metode Lambda Mu Rho*, Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Putra, Muchtar Suhari., et.al., 2008, *Sistem kontrol inkubator melalui jaringan LAN menggunakan mikrokontroler H8/3069F 16-bit*, Annual Meeting on

- Testing and Quality, Puspitek LIPI Serpong.
- Renesas Technology Corp, 2009, *H8 Family Overview*, diakses dari
- Telford, W.M., et.al, 1999, *Applied Geophysics*. Cambridge University Press
,Cambridge.
- Tim H8, 2007, *Modul Praktikum Renesas H8/3069F*, Departemen Fisika FMIPA
UI, Depok.
- Wicaksono, Britantyo., et.al., 2007, *Sistem kontrol lengan robot menggunakan
mikrokontroler 16-bit H8/3069F*, Annual Meeting on Testing and Quality,
Puspitek LIPI Serpong.
- Wijaya, Sastra Kusuma, 2007, *Materi Kuliah Elektronika I*, Departemen Fisika,
FMIPA UI, Depok.
- Wijaya, Sastra Kusuma, 2007, *Materi Kuliah Elektronika III – ADC dan DAC*.
Departemen Fisika FMIPA UI, Depok.

