

PEMODELAN AKUISISI DATA SEISMIK SKALA LABORATORIUM

Surya Alimsyah, Dimas Ragil

surya_alimsyah@yahoo.com.sg, dimas.ragil007@gmail.com,

Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional
JL. Moh. Kaffi II Jagakarsa, Jakarta Selatan.

ABSTRACT: *In natural resource exploration activities, there are various geological surveys, one of which is a seismic survey which examines the content of soil layers. One of the important stages in a seismic survey is the data acquisition stage which can map the structure of the layers contained in the soil. In this paper, a seismic recorder is designed and built on a laboratory scale which is useful in explaining the data acquisition process through simulation. This tool is based on ATmega 328 microcontroller by using two types of sensors, namely the design sensor and the factory sensor type GDH-4.5. In order to bridge the data recording from the sensor with the microcontroller, an amplifier circuit and a level shifter are designed. The amplifier circuit uses a noninverting amplifier type with IC741 and the shift level circuit is a series of summing noninverting amplifiers with IC741. Testing the seismic data acquisition process produces digital data that is converted into a vibrating wave graph that shows an overview of the structure of the observed object model. For functional testing, the average accuracy range is 92.4% to 92.68% for the amplifier circuit and 89.51% to 95.11% for the level shifter circuit. In the results of the sensor comparison it was found that the manufacturer's sensor had a more linear value than the design sensor, but it is not significant.*

Keywords: *seismic data acquisition, seismic recorder, geophone sensor, ATmega 328 microcontroller, Laboratory Scale*

ABSTRAK: Dalam kegiatan eksplorasi sumber daya alam terdapat berbagai survei geologi, salah satunya adalah survei seismik yang meneliti kandungan pada lapisan-lapisan tanah. Salah satu tahapan penting dalam survei seismik adalah tahap akuisisi data yang dapat memetakan struktur lapisan yang dikandung di dalam tanah. Di dalam tulisan ini dirancang dan dibangun alat seismic recorder dalam skala laboratorium yang berguna menjelaskan proses akuisisi data melalui simulasi. Alat ini berbasis mikrokontroler ATmega 328 dengan menggunakan dua tipe sensor yaitu sensor rancangan dan sensor pabrikan tipe GDH-4.5. Guna menjembatani perekaman data dari sensor dengan mikrokontroler maka dirancang rangkaian penguat dan level shifter. Rangkaian penguat menggunakan tipe noninverting amplifier dengan IC741 dan rangkaian level shifter merupakan rangkaian summing noninverting amplifier dengan IC741. Pengujian proses akuisisi data seismik menghasilkan data digital yang dikonversi menjadi grafik gelombang getar yang menunjukkan gambaran struktur model objek observasi. Untuk pengujian fungsional didapatkan rata-rata rentang akurasi 92.4% sampai 92.68 untuk rangkaian penguat dan 89.51 % sampai 95.11% untuk rangkaian level shifter. Pada hasil perbandingan sensor didapatkan bahwa sensor pabrikan memiliki nilai yang lebih linear dibandingkan sensor rancangan, tetapi tidak signifikan.

Kata kunci: Akuisisi data seismik, seismic recorder, sensor geophone, mikrokontroler ATmega 328, Skala Laboratorium

1. PENDAHULUAN

Survei seismik merupakan survei yang digunakan untuk mendapatkan gambaran detail kondisi lapisan tanah. Metode seismik ini merupakan metode yang paling teliti dalam menggambarkan kondisi lapisan tanah. Survei seismik biasanya dilakukan oleh perusahaan / instansi tertentu yang sangat eksklusif dalam hal kemampuan menganalisa hasil survei dan kemampuan pembiayaan aktifitas. Pelaksanaan survei seismik biasanya melibatkan berbagai disiplin ilmu dan memerlukan peralatan-peralatan yang mahal, sehingga survei seismik ini tidak banyak diketahui oleh masyarakat umum.

Hal tersebut memotivasi pembuatan tulisan ini, khususnya untuk mengetahui keterlibatan disiplin ilmu elektronika yang terkait dengan peralatan survei tersebut, agar dapat memberikan gambaran proses akuisisi data seismik menggunakan peralatan simulasi dalam skala laboratorium.

2. TINDAJUAN PUSTAKA

2.1 Survei Seismik

Survei seismik merupakan survei yang digunakan untuk mendapatkan gambaran detail kondisi lapisan tanah. Implementasi survei ini sangat penting dalam pelaksanaan berbagai kegiatan semisal penambangan sumber daya alam, penentuan kondisi tanah untuk perencanaan pembangunan gedung dan jembatan.

Metode seismik merupakan metode yang digunakan sebagai penentuan kedalaman objek, batuan dasar, dan lapisan-lapisan tanah. Secara garis besar aktivitas survey seismik terbagi atas tiga tahap yaitu akuisisi data seismik, proses data seismik, dan interpretasi data.

Akuisisi data adalah kegiatan untuk memperoleh data seismik dari area yang disurvei. Hasil dari proses akuisisi data akan diolah oleh ahli geofisika untuk mendapatkan penampang seismik lapisan tanah/batuan. Hasil penampang lapisan/batuan tersebut akan

dilanjutkan dengan proses interpretasi oleh pakar geofisika untuk menganalisa keadaan struktur lapisan di bawah permukaan dan juga untuk memperkirakan jenis material batuan di bawah permukaan tersebut. Kualitas data seismik yang baik akan menghasilkan penggambaran penampang seismik bawah tanah yang baik sehingga proses interpretasi juga dapat dilakukan dengan baik.

Dalam pelaksanaan survei seismik, akuisisi data adalah merupakan tahapan yang sangat penting dalam penentuan keakuratan hasil penampang struktur lapisan tanah. Pada tahapan akuisisi ini terdapat empat unsur utama yaitu sumber getar buatan, lapisan tanah, seismic recorder dan sensor geophone. Adapun tahapan survei seismik dapat dilihat pada Gambar-1.

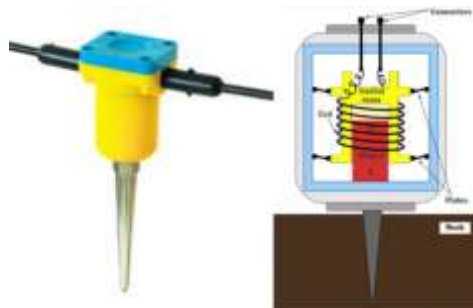


Gambar-1: Tahapan Survei Seismik

Pada Gambar-1 dapat dilihat bahwa hasil dari tahapan akuisisi data seismik yang merupakan output dari seismic recorder adalah berupa data digital. Data tersebut akan dijadikan dasar pembuatan grafik gelombang seismik yang akan digunakan pada tahap pengolahan data oleh pakar geofisika; bukan merupakan ranah pakar elektronika. Hal inilah yang menyebabkan pelaksanaan akuisisi data seismik merupakan dasar dari keseluruhan proses survei seismik.

2.2 Sensor Geophone

Prinsip kerja sensor geophone adalah menerima getaran seismik dan mengubahnya menjadi tegangan, dengan memanfaatkan pergerakan magnet di tengah kumparan kawat.



Gambar-2: Contoh sensor geophone

Sensor geophone seperti yang ditunjukkan Gambar-2 umumnya berjenis *moving coil* yang berupa

magnet bergerak di dalam lilitan kawat. Magnet akan bergerak di tengah lilitan kawat ketika terjadi getaran, sehingga akan menimbulkan gaya gerak listrik (GGL) induksi yang merupakan output dari sensor geophone.

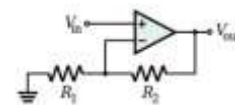
Beda potensial yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan dinamakan gaya gerak listrik induksi atau ggl induksi. Ggl induksi timbul ketika magnet batang digerakkan masuk atau keluar kumparan. Jika magnet batang terus-menerus digerakkan masuk dan keluar kumparan, jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan terus berubah. Perubahan jumlah garis gaya magnetik tersebut akan menyebabkan beda potensial di ujung-ujung kumparan sehingga akan menimbulkan arus listrik mengalir di dalam kumparan. Arus listrik yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan dinamakan arus induksi.

2.3 Op-Amp Sebagai Penguat Non Inverting

Op-Amp Non-Inverting Amplifier pada Gambar-3 adalah rangkaian Op-Amp yang bekerja sebagai penguat-tegangan pada tegangan-input-positif (V_+). Pada rangkaian ini hasil penguatan (A) dihitung dengan rumus (1), dan tegangan output (V_o) dihitung dengan rumus (2) akan sefase (beda 0°) dari tegangan-input-nya, atau dengan kata lain jika input berupa tegangan positif, maka output akan berupa tegangan positif pula, dan begitupun pada tegangan input negatif.

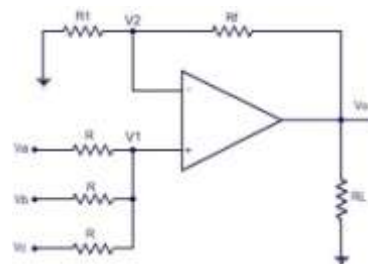
$$A = \left(\frac{R_2}{R_1}\right) + 1 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{out} = \left\{\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + 1\right\} V_{in} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar-3: Rangkaian Op-Amp Tak Membalik

2.4 Summing Non Inverting Amplifier



Gambar-4: Rangkaian Op-Amp Penjumlah Tak Membalik

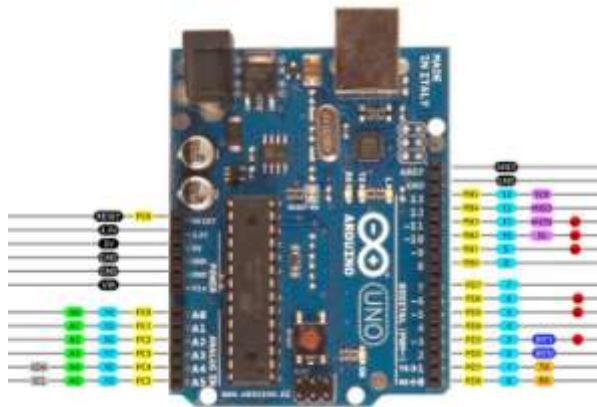
$$V_{out} = \left\{\frac{R_f}{R_1} + 1\right\} \left(\frac{V_a + V_b + V_c}{3}\right) \dots\dots\dots (3)$$

Rangkaian summing non-inverting pada Gambar-4 memiliki penguatan tegangan yang tidak melibatkan nilai resistansi input yang digunakan. Oleh karena itu nilai resistansi input sebaiknya bernilai sama persis

agar mendapatkan kestabilan dan akurasi penjumlahan sinyal yang diberikan ke rangkaian penguat. Tegangan output (Vout) hasil penguatan dapat dihitung memakai rumus (3).

2.5 ADC pada Arduino Uno (ATMega 328)

Papan (*board*) Arduino Uno Gambar-3 adalah suatu modul Mikrokontroler siap pakai yang berbasis ATMega 328.



Gambar-3: Arduino Uno (ATMega 328)

Arduino Uno memiliki 6 masukan analog pada pin A0 sampai A5 yang terhubung langsung ke ATMega 328 pada pin 23/PC0/ADC0/PCINT8 sampai pin 28/PC5/ADC5/SCL/PCINT13. Setiap pin tersebut mampu mengkonversi tegangan analog 0-5 volt menjadi tegangan digital dengan resolusi 10 bit. Walaupun begitu, dimungkinkan untuk mengganti nilai batas atas tegangan analog yang kurang dari 5V agar konversi ADC tetap optimal beresolusi 10 bit, yaitu dengan cara menggunakan pin AREF sebagai nilai referensi maksimum tegangan analog yang akan dikonversi serta dengan mengoperasikan fungsi "analogReference()".

Sebagai tambahan, beberapa pin masukan analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang digunakan untuk komunikasi Two Wire Interface (TWI) atau Inter Integrated Circuit (I2C) dengan menggunakan Wire library.

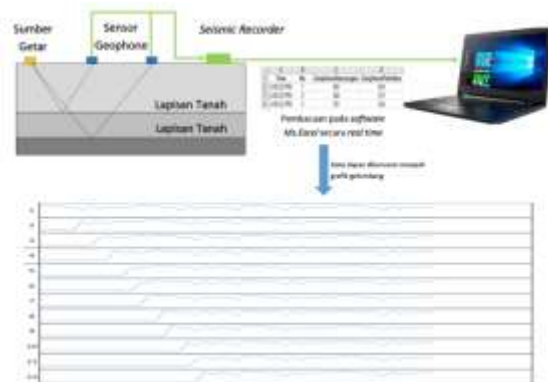
3. METODOLOGI

3.1 Konsep dan Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan simulasi aktivitas akuisisi data seismik dalam skala laboratorium yang meliputi pembuatan *seismic recorder*, sensor geophone, serta media pengujiannya. Simulasi aktivitas akuisisi data seismik dilakukan secara keseluruhan tahap akuisisi data seismik yaitu meliputi pemberian getaran pada media pengujian, penangkapan gelombang pantul oleh sensor geophone dan perekaman data seismik pada *seismic recorder*.

Gambar-4 menunjukkan tahapan akuisisi data seismik yaitu dari proses pengambilan data, perekaman dan proses konversi hasil data digital menjadi grafik gelombang seismik. *Seismic recorder* akan dapat merekam seluruh sinyal gelombang pantul dari

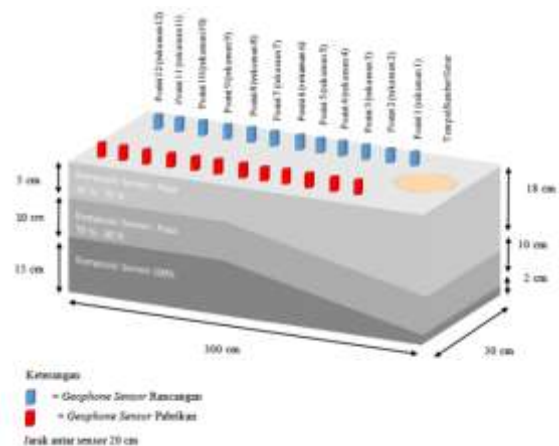
berbagai lapisan yang ditangkap oleh beberapa sensor geophone yang dipasang di sepanjang bentangan survei. Data dari sensor geophone yang berupa data analog akan diproses pada *seismic recorder* sehingga akan didapatkan data digital sebagai output dari *seismic recorder*. Data digital yang merupakan rekaman gelombang pantul akan dikonversi menjadi grafik gelombang seismik pada *software MS.Excel*. Sedangkan rancangan sensor geophone pada penelitian ini mengacu pada karakteristik dari sensor geophone yang ada di pasaran.



Gambar-4: Tahapan Proses Simulasi Aktivitas Akuisisi Data Seismik

Simulasi aktivitas akuisisi data seismik pada skala laboratorium yang merupakan fokus dari penelitian ini meliputi pembuatan *seismic recorder*, sensor geophone, serta media pengujiannya. Sebuah rekayasa media lapisan tanah akan digunakan sebagai media pengambilan data akuisisi, dimana dalam kegiatan akuisisi akan melibatkan *seismic recorder* dan sensor geophone.

3.2 Rancangan Media Pengujian



Gambar-5: Rekayasa media lapisan tanah

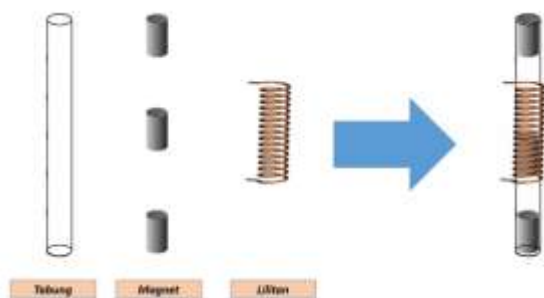
Pada penelitian ini pemodelan akuisisi data seismik dilakukan dalam skala laboratorium. Untuk menciptakan sebuah gelombang pantul yang akan diterima oleh sensor geophone maka diperlukan suatu media pengujian yang direkayasa dari campuran semen-pasir seperti diilustrasikan dalam Gambar-5,

yang membentuk tiga lapisan berbeda sebagai perwakilan dari lapisan tanah yang akan disurvei. Gelombang pantul dari tiap lapisan akan direkayasa dengan memberikan sumber getaran buatan kepada media pengujian tersebut pada lingkaran diujung kanan.

Pada Gambar-5 sekaligus ditunjukkan 12 pasang titik observasi tempat diletakkannya sensor-sensor yang akan menangkap gelombang pantul dari tiap-tiap lapisan media. Titik-titik yang berbeda warna (MERAH dan BIRU) dimaksudkan untuk penempatan sensor-sensor yang berbeda tipe.

3.3 Rancangan Sensor Geophone

Sensor geophone yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantul dari sumber getar terhadap lapisan-lapisan tanah pada pemodelan akuisisi data seismik ini menggunakan dua tipe sensor. Sebuah sensor dibuat sendiri dan sebuah lagi merupakan sensor pabrikan tipe GDH-4.5.



Gambar-6: Sensor Geophone yang dibuat

Sensor geophone yang dibuat sendiri memakai prinsip kerja seperti yang telah dijelaskan pada paragraf 2.2, yaitu dengan prinsip induksi magnet. Sensor ini dibuat dari tiga bahan utama yaitu magnet, lilitan kawat dan pipa, seperti ditunjukkan pada Gambar-6.

Tiga buah magnet ditempatkan ke dalam pipa, dengan kutub yang sama (sama-sama Utara atau sama-sama Selatan) diposisikan berhadapan-hadapan antara magnet yang tengah dengan magnet-atas maupun magnet-bawah. Susunan ini menyebabkan magnet-tengah akan dalam keadaan melayang, sehingga akan sangat sensitif terhadap getaran dengan reaksi bergerak naik turun.

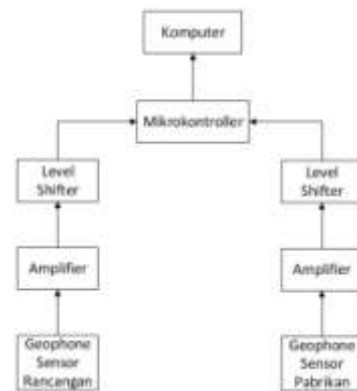
Magnet-atas adalah magnet biasa, sedangkan magnet-tengah dan magnet-bawah merupakan magnet Neodymium yang lebih kuat daya tarik/tolak-nya. Ketiga magnet tersebut ditempatkan ke dalam pipa Akrilik transparan, sehingga gerakan naik-turunnya magnet dapat terlihat.

Pada sisi luar pipa diberi lilitan kawat Tembaga sebanyak 2500 lilitan, sehingga mencakup rentang area pergerakan dari magnet.

3.4 Rancangan Seismic Recorder

Model Seismic Recorder yang dirancang ditunjukkan secara diagram blok pada Gambar-7 yang

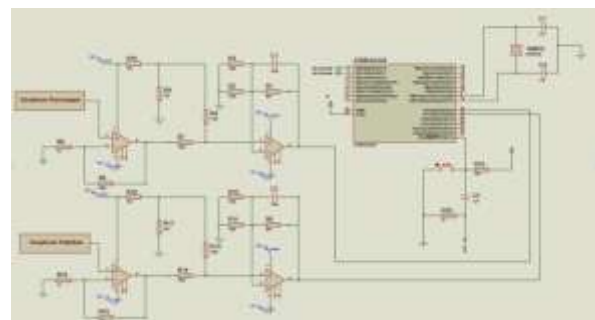
terdiri atas Sensor Geophone, Penguat (*Amplifier*), Level Shifter, Mikrokontroler, dan Personal Computer.



Gambar-7: Diagram Blok Seismic Recorder

Karena Sensor Geophone yang digunakan ada 2-macam yaitu yang pabrikan serta yang dirancang dan dirakit sendiri, maka Penguat (*Amplifier*) dan Level Shifter-nya juga sebanyak 2 buah yang identik. Masing-masing Penguat berfungsi untuk menaikkan amplitudo dari sinyal yang ditangkap oleh sensor, yang biasanya sangat lemah. Sedangkan Level Shifter berperan untuk menggeser level sinyal bolak-balik yang sudah dikuatkan oleh *Amplifier*, dinaikkan ke level tegangan yang menyebabkan nilai puncak negatif dari sinyal tersebut menjadi minimal 0V. Itu artinya keseluruhan variasi tegangan dari sinyal analog semula diubah menjadi tegangan analog yang searah (DC).

Sedangkan Mikrokontroler berfungsi untuk menangkap sinyal analog tersebut dan mengubahnya menjadi digital, serta mengirimkannya kepada Komputer untuk disimpan guna pengolahan lebih lanjut.



Gambar-8: Rangkaian Lengkap Alat Seismic Recorder dan Sensor Geophone

Rangkaian selengkapnya dari Amplifier yang terhubung ke Sensor, serta Level Shifter, dan Mikrokontroler yang terhubung ke Komputer diperlihatkan pada Gambar-8.

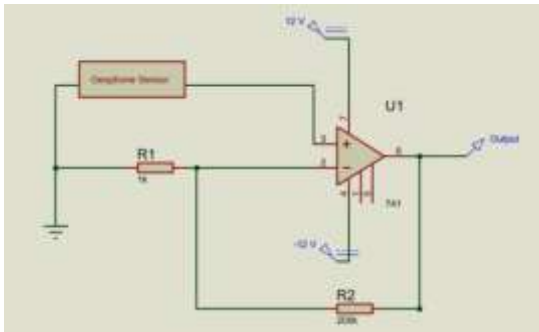
3.5 Rangkaian Penguat (Amplifier)

Seismic recorder digunakan sebagai pengkondisian sinyal dari output sensor geophone, yang akan menghasilkan data digital sebagai outputnya. Output tegangan yang dihasilkan oleh sensor geophone ketika menerima pantulan gelombang getaran adalah berupa tegangan analog bolak balik

dengan nilai yang relatif kecil pada skala milivolt. Tegangan ini perlu dikuatkan terlebih dahulu sebelum dikonversi ke digital.

Penguat yang dirancang merupakan tipe penguat non-inverting. Hal ini dimaksudkan agar gelombang yang ditangkap oleh sensor geophone tidak mengalami perubahan fasa ketika dikonversi menjadi sebuah grafik gelombang. Dengan tidak adanya perubahan fasa antara output sensor geophone dengan grafik gelombang, maka pakar geofisika akan mendapatkan data yang sesuai kondisi survei sehingga gambaran penampang lapisan tanah yang dihasilkan akan sesuai dengan kondisi dimana survei seismik dilaksanakan.

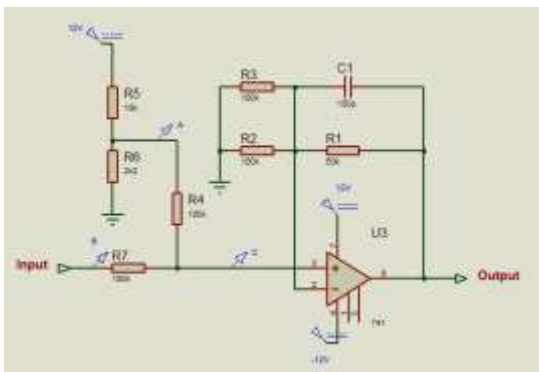
Pada rancangan seismic recorder ini digunakan mikrokontroler Atmega 328 yang memiliki rentang input 0–5 volt. Dengan asumsi bahwa output dari sensor geophone adalah sekitar 10 mV pada nilai tegangan puncaknya, maka rangkaian penguat dirancang menguatkan 200 kali sehingga akan didapatkan tegangan puncak sebesar 2 volt (tegangan puncak ke puncak sebesar 4 V). Rangkaian penguat ini dirancang menggunakan IC Op-amp 741 dan dua buah resistor R1 dan R2 seperti pada Gambar-9.



Gambar-9: Rangkaian Penguat

Berdasarkan nilai R1 dan R2 yang diterapkan, maka menggunakan rumus (1) dihasilkan tegangan output penguat sebesar 2.01 volt pada asumsi output sensor geophone berada di nilai puncaknya 10 mV.

3.6 Rangkaian Penggeser Sinyal (Level Shifter)



Gambar-10: Rangkaian Level Shifter

Output Penguat yang berupa tegangan bolak-balik tidak dapat diberikan langsung kepada input Mikrokontroler Atmega 328 yang bekerja pada tegangan DC 0-5V. Tegangan AC tersebut terlebih

dahulu harus dijadikan DC tanpa mengubah bentuk sinyalnya, melalui Rangkaian Penggeser Sinyal.

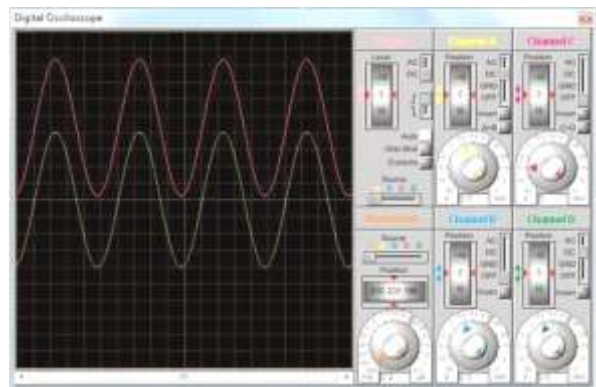
Pada Gambar-10 dapat dilihat bahwa Rangkaian Level Shifter ini adalah merupakan implementasi dari suatu rangkaian Summing non-inverting amplifier, sehingga didapatkan persamaan tegangan outputnya adalah seperti rumus (4).

$$V_o = \left\{ \frac{R_1}{R_2 || R_3} + 1 \right\} \left(\frac{V_A + V_B}{2} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Dapat dilihat pada Gambar-10 bawah VB adalah merupakan input rangkaian ini yg berasal dari output Rangkaian Penguat. Sebagai catatan, tegangan VB ini adalah tegangan AC dengan nilai puncak asumsi sebesar 2.01 volt sebagaimana telah dijelaskan di dalam paragraph 3.5.

Sedangkan tegangan pada titik A didapatkan dari pembagian tegangan antara R5 dan R6. Nilai VA harus minimal sama dengan tegangan puncak negatif pada titik B. Hal ini agar menjamin tegangan pada titik C (VC) yang masuk ke terminal V+ Op-Amp akan selalu bernilai positif.

Berdasarkan nilai R5 dan R6 yang diterapkan, maka dapat dihitung nilai VA yang dihasilkan adalah sebesar 2.16 Volt; lebih besar dari 2.01 volt yang dibutuhkan. Ini secara teoritis telah menjamin nilai VC akan selalu positif. Ketika VB sedang berada pada nilai puncak negatifnya, maka tegangan output Rangkaian Level Shifter menjadi sebesar 0.15 volt. Sebaliknya pada nilai puncak positif VB, output Level Shifter akan bernilai 4.17 volt. Ini artinya Rangkaian Level Shifter akan mengumpan tegangan kepada input Mikrokontroler dalam rentang nilai 0.15 – 4.17 volt.

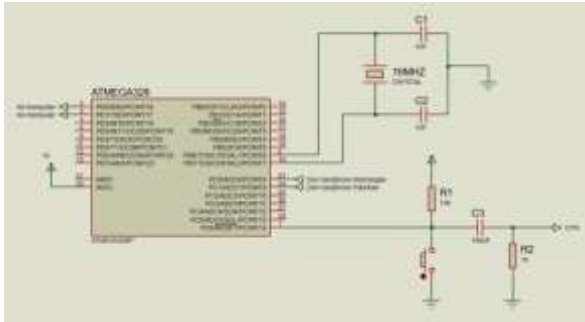


Gambar-11: Gelombang Tegangan input dan Tegangan output Rangkaian Level Shifter

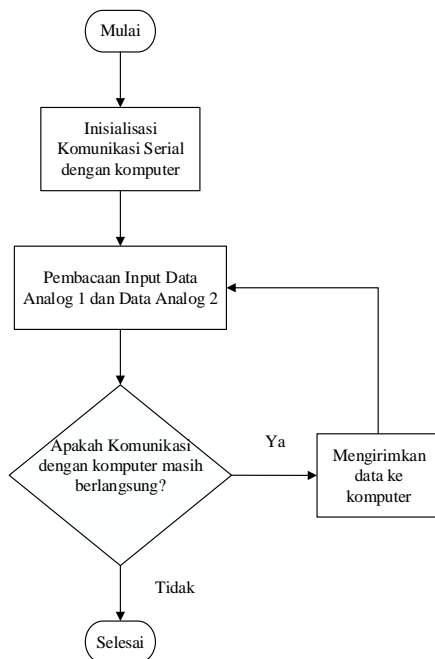
Simulasi *software Proteus* terhadap Rangkaian Gambar-10 yang diberi input tegangan AC Sinusoida dengan amplitudo 2 V (4 Vpp) ditunjukkan oleh Gambar-11 pada *channel-A* yang berwarna KUNING. Terlihat amplitudonya persis 4-kotak dengan setelan 0,5 V/div. Sedangkan gelombang berwarna MERAH adalah merupakan output Rangkaian Level Shifter yang dipantau pada *channel-C* sebagai hasil penggeseran ke level sedikit diatas 0 V. Ini berarti sepenuhnya menjadi bernilai positif, tanpa mengalami perubahan bentuk sinyal sedikitpun.

3.7 Mikrokontroler

Pada alat model Seismic Recorder yang dirancang ini, Mikrokontroler difungsikan untuk membaca sinyal yang ditangkap oleh Sensor Geophone yang terlebih dahulu sudah dikuatkan oleh Rangkaian Penguat Tak Membalik serta sudah pula dikonversi menjadi sinyal DC oleh Rangkaian Level Shifter. Pembacaan sinyal tersebut dilakukan melalui pin 23 untuk sinyal yang ditangkap oleh sensor buatan sendiri, serta melalui pin 24 untuk sinyal yang ditangkap oleh sensor pabrikan tipe GDH-4.5 yang dipakai. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar-12.



Gambar-12: Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega 328



Gambar-13: Flow Chart Program Mikrokontroler ATmega328

Selanjutnya Mikrokontroler Arduino Uno (ATmega 328) yang digunakan akan mengkonversi lebih lanjut sinyal input yang dibacanya, yang masih berupa sinyal analog, menjadi sinyal digital 10 bit. Dalam digital, maka tegangan analog 0V akan dikonversi menjadi Biner 00 0000 0000 atau setara dengan Desimal 0, sedangkan tegangan analog 5V akan dikonversi menjadi Biner 11 1111 1111 atau setara dengan Desimal 1023. Karena Output

Rangkaian Level Shifter akan bervariasi secara dinamis dalam rentang 0.15 – 4.17 volt, maka hasil konversinya ke digital (atau biasa disebut sebagai “Nilai ADC”) akan bervariasi antara:

$$ADC \text{ (terrendah)} = \frac{0.15}{5} \times 1023 \approx 31$$

$$ADC \text{ (tertinggi)} = \frac{4.17}{5} \times 1023 \approx 853$$

Dalam beroperasi, Mikrokontroler didukung oleh rangkaian Pembangkit Pulsa Clock berupa kristal oscillator (XTAL) 16 MHz serta Capacitor C1 dan C2 masing-masing 1 nF yang terhubung ke pin 9 dan pin 10. Sedangkan R2 10 kΩ, C3 100 nF, R2 1 kΩ, serta tombol *Push Button* akan mengoperasikan *reset* secara otomatis (*power-on reset*) ataupun secara manual, dengan cara memberikan level logika low selama minimal dua siklus mesin kepada pin 1. Hal tersebut akan mengkondisikan Mikrokontroler memulai operasi menjalankan program dimulai dari awal.

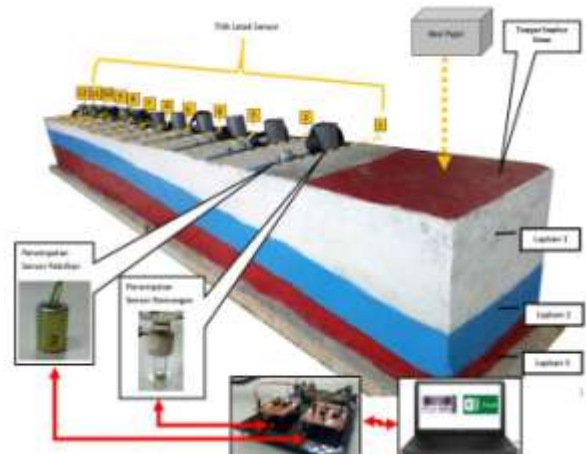
Dalam melaksanakan fungsinya, Mikrokontroler setelah membaca sinyal analog yang diterimanya serta mengkonversinya menjadi data digital, selanjutnya akan mengirimkan data tersebut kepada Komputer secara komunikasi serial memakai konektor USB Arduino UNO melalui pin 2 dan pin 3 berdasarkan algoritma program yang ditunjukkan *flow chart* Gambar-13.

Di dalam Komputer, data yang diterima selanjutnya dikelola oleh software PLX-DAQ (Parallax Data Acquisition tool) guna ditampilkan dan disimpan ke dalam Microsoft Excel.

4. HASIL DAN BAHASAN

4.1 Pengujian Kinerja Simulasi Model

Maksud dan tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui Model Alat Akuisisi Data Seismik yang telah dirancang-bangun, dalam kinerjanya mensimulasikan Aktivitas Akuisisi Data Seismik Skala Laboratorium.

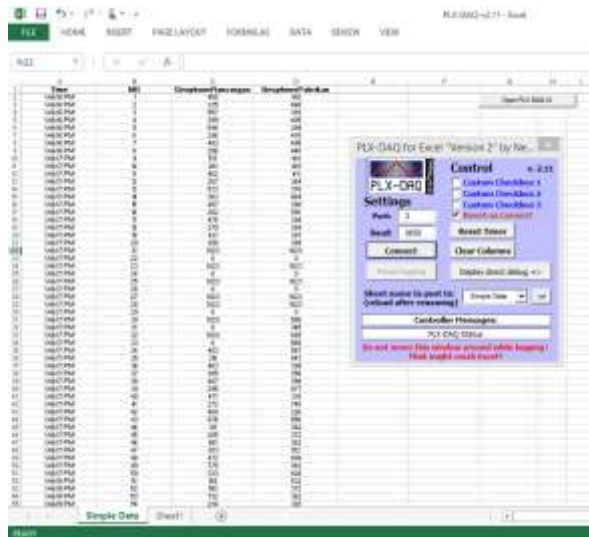


Gambar -14: Skema pengujian model objek observasi

Gambar -14 menunjukkan skema pengujian ini, dan pengujian dilakukan secara bersamaan terhadap

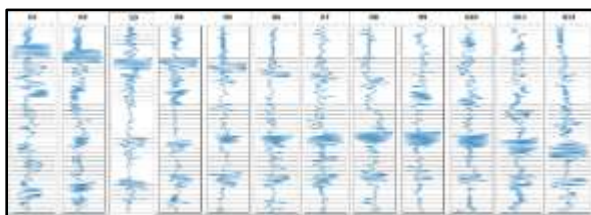
sepasang titik untuk kedua tipe sensor yang berbeda, dan diulang sebanyak 12 kali untuk 12 titik letak sensor yang berbeda-beda.

Hasil pengujian berupa rekaman data digital dalam format MS.Excel ada sebanyak 12 set data. Tiap set data berisi rata-rata sekitar 207 data hasil perekaman selama kurang lebih 5 detik. Pada Gambar-15 diperlihatkan cuplikan sebanyak 54 data dari keseluruhan 207 data yang direkam pada titik letak sensor 1.

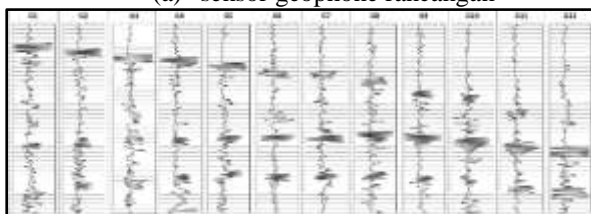


Gambar-14: Hasil Perekaman Data Digital pada titik letak sensor 1 (cuplikan 54 data awal dari seri 207 data)

Kedua belas set data digital rekaman hasil pengujian tersebut kemudian dikonversi pada *software MS. Excel* menjadi bentuk grafik gelombang yang ditunjukkan oleh Gambar-15.



(a) sensor geophone rancangan



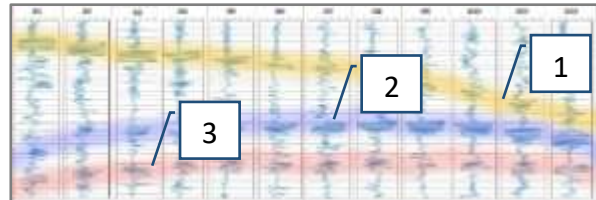
(b) sensor geophone Pabrik

Gambar-15: Grafik gelombang Seismik

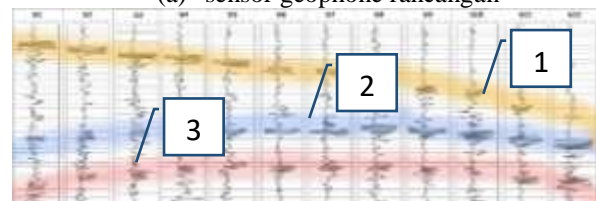
Pada Gambar-15 dapat dilihat sebuah kumpulan diagram garis hasil konversi data digital yang telah didapatkan. Dapat dilihat pada Gambar-15(a) dan 15(b) terdapat kolom G1 sampai dengan G12, istilah tersebut menunjukkan letak geophone ketika pengujian yaitu G1 menunjukkan hasil pengujian pada titik letak

sensor 1, G2 menunjukkan hasil pengujian pada titik letak sensor 2 dan seterusnya. Diagram garis tersebut disusun berdasarkan titik letak sensor ketika pengujian berlangsung sehingga kumpulan diagram garis tersebut dapat menunjukkan sebuah grafik gelombang seismik yang didapatkan dari pengujian objek model observasi.

Terdapat pola-pola grafik yang dihasilkan dari hasil observasi tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar-16.



(a) sensor geophone rancangan



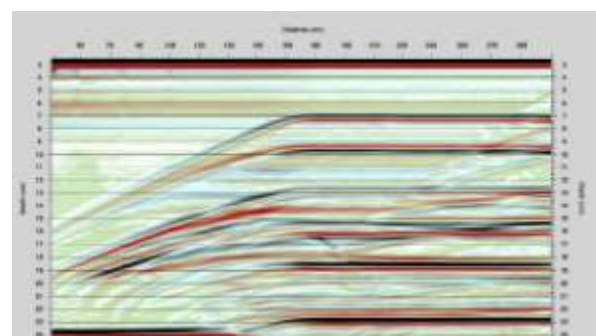
(b) sensor geophone Pabrik

Gambar-16: Pola Grafik Gelombang Seismik

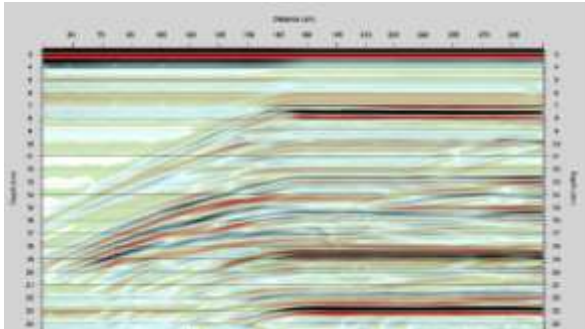
Pola grafik 1 menunjukkan sebuah pola rambatan gelombang getar langsung yaitu rambatan gelombang getar dari sumber getar langsung menuju sensor dengan rambatan pada permukaan tanah (bidang model objek observasi). Dari pola tersebut juga dapat dilihat bahwa semakin jauhnya letak sensor maka gelombang getar yang diterima sensor tersebut akan semakin lama. Hal ini ditunjukkan dengan semakin turunnya pola grafik yang terbentuk pada Gambar-16 (a) dan (b).

Sedangkan untuk pola ke 2 adalah pola yang terbentuk dari pantulan gelombang getar dari sumber getar terhadap lapisan 1 pada model objek observasi. Sedangkan pola ke 3 menunjukkan pola yang terbentuk akibat pantulan pada lapisan ke 2 dari model objek observasi.

Sebagai pembandingan, hasil dari pengujian ini yang merupakan data digital kemudian ditindak-lanjuti oleh pakar geofisika untuk dilakukan proses pengolahan dan interpretasi data seismik, sehingga penampang struktur objek observasi pada pengujian ini dapat digambarkan lebih jelas seperti pada Gambar-17.



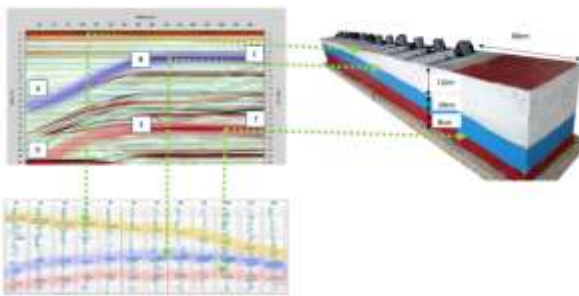
(a) sensor geophone rancangan



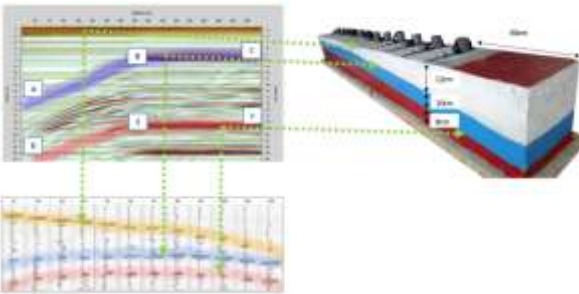
(b) sensor geophone Pabrikan

Gambar-17: Penampang model objek observasi

Dari penampang tersebut dapat dilakukan perbandingan dengan model objek observasi pada pengujian ini, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar-18.



(a) sensor geophone rancangan



(b) sensor geophone Pabrikan

Gambar-18: Perbandingan Penampang dengan model objek observasi

Pada Gambar-18 dapat dilihat perbandingan penampang dengan model objek observasi serta grafik gelombang dari masing-masing sensor yang digunakan. Secara kualitatif bentuk penampang yang dihasilkan dari data sensor geophone rancangan dan pabrikan, telah menggambarkan bentuk model objek obeservasi yang dirancang.

4.2 Pengujian Fungsional Alat Akuisisi Data Seismik

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat secara keseluruhan ketika akuisisi data seismik pada skala laboratorium berlangsung. Pengujian dilakukan dengan metode pengukuran tegangan pada setiap blok rangkaian pembentuk seismic recorder yang terdapat pada Gambar-7. Dengan dilakukan pengukuran tegangan

ini bertujuan untuk mengetahui proses perubahan tegangan dari sensor menuju output level shifter sehingga fungsi alat dapat teruji. Adapun voltmeter yang digunakan pada pengujian ini adalah voltmeter yang memiliki fitur menangkap tegangan maksimum dan minimum untuk tegangan yang diukur. Setelah dilakukan pengukuran maka didapatkan nilai tegangan maksimum dan minimum untuk output sensor, output penguat dan output *level shifter*.

Dari hasil pengujian pada rangkaian dengan sensor geophone rancangan maka didapatkan rata-rata penguatan untuk tegangan maksimum adalah sebesar 185.35 kali dan untuk tegangan minimum adalah sebesar 214.79 kali. Untuk deviasi dari setiap pengujian didapatkan nilai rata-rata sebesar 16.5 kali untuk tegangan maksimum dan 13.79 kali untuk tegangan minimum. Dari deviasi tersebut didapatkan persentase akurasi sebesar 91.79% untuk tegangan maksimum dan 93.14% untuk tegangan minimum.

Perhitungan penguatan untuk sensor geophone pabrikan terhadap hasil pengujian menghasilkan rata-rata penguatan untuk tegangan maksimum adalah sebesar 188.45 kali dan untuk tegangan minimum adalah sebesar 184.13 kali. Deviasi dari setiap pengujian didapatkan nilai rata-rata sebesar 12.55 kali untuk tegangan maksimum dan 16.87 kali untuk tegangan minimum. Dari deviasi tersebut didapatkan persentase akurasi sebesar 93.76 % untuk tegangan maksimum dan 91.61 % untuk tegangan minimum.

Selain analisa dari rangkaian penguat dilakukan juga analisa perhitungan untuk rangkaian *level shifter*. Untuk rangkaian dengan sensor geophone rancangan, rata-rata penggeseran tegangan maksimum adalah sebesar 2.23 Volt dan untuk tegangan minimum adalah sebesar 2.31 Volt. Deviasi dari setiap pengujian didapatkan nilai rata-rata sebesar 0.07 Volt untuk tegangan maksimum dan 0.15 Volt untuk tegangan minimum. Dari deviasi tersebut didapatkan persentase akurasi sebesar 96.95% untuk tegangan maksimum dan 93.28% untuk tegangan minimum.

Perhitungan penggeseran untuk sensor geophone pabrikan terhadap data hasil pengujian menghasilkan rata-rata penggeseran untuk tegangan maksimum adalah sebesar 2.21 Volt dan untuk tegangan minimum adalah sebesar 2.04 Volt. Deviasi dari setiap pengujian didapatkan nilai rata-rata sebesar 0.25 Volt untuk tegangan maksimum dan 0.20 Volt untuk tegangan minimum. Dari deviasi tersebut didapatkan persentase akurasi sebesar 88.33% untuk tegangan maksimum dan 90.69% untuk tegangan minimum.

4.3 Uji Perbandingan Sensitivitas Sensor

Pengujian ini dimaksudkan untuk membandingkan sensor geophone yang telah dirancang dengan sensor pabrikan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan getaran yang sama pada kedua sensor dan mengukur outputnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik output tegangan dari sensor rancangan dibandingkan dengan sensor pabrikan. Pengujian ini dilakukan dengan

menempatkan kedua sensor secara berdekatan pada sebuah bidang/papan yang kemudian diberikan getaran pada bidang/papan tersebut kemudian mengukur tegangan dari masing-masing sensor.

Penggunaan model objek pengukuran menggunakan sebuah papan ini dikarenakan tujuan utama dari pengujian ini adalah membandingkan output dari kedua sensor yang tidak tergantung dari sumber getar dan media getarnya, selain hal tersebut penggunaan papan untuk media getar diharapkan akan menghasilkan getaran yang relatif besar. Pengujian dilakukan dengan memberikan getaran pada papan yang diletakkan kedua tipe sensor pada titik letak yang sama. Pemberian getaran dengan cara menjatuhkan benda pada papan pengujian dengan variasi beban sebanyak 10 kali dan pengulangan sebanyak 5 kali untuk masing-masing variasi beban getaran.

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan rata-rata tegangan sensor geophone rancangan dan sensor geophone pabrikan untuk masing-masing variasi beban getaran. Adapun hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar-19 dan Gambar-20.



Gambar-19: Grafik Tegangan Maksimum Sensor Rancangan dan Sensor Pabrikan terhadap Besaran Sumber Getar



Gambar-20: Grafik Tegangan Minimum Sensor Rancangan dan Sensor Pabrikan terhadap Besaran Sumber Getar

Pada Gambar-19 dapat dilihat grafik Tegangan Maksimum Sensor Rancangan dan Sensor Pabrikan yang menunjukkan adanya peningkatan tegangan maksimum pada setiap penambahan beban sumber getar yang diterima oleh sensor. Untuk Gambar-20 dapat dilihat grafik antara tegangan minimum kedua

sensor yang menunjukkan adanya peningkatan nilai tegangan (nilai absolut) terhadap penambahan besar sumber getar yang di berikan. Berdasarkan kecenderungan pada grafik Gambar-19 dan Gambar-20 maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar output tegangan dari sensor sebanding dengan beban sumber getar yang diterima oleh sensor.

Pada Gambar-19 jika membandingkan antara grafik kedua sensor tersebut, maka dapat dilihat bahwa sensor pabrikan memiliki grafik tegangan yang lebih linear dibandingkan dengan sensor rancangan. Untuk Gambar-20 dapat dilihat bahwa kedua sensor hampir memiliki bentuk yang sama atau dapat dikatakan memiliki karakteristik tegangan minimum yang sama. Sehingga dapat kita simpulkan bahwa sensor pabrikan relatif lebih linear dibandingkan dengan sensor rancangan, tetapi kecenderungan linearitas sensor pabrikan tersebut tidak signifikan dibandingkan dengan sensor rancangan.

5. SIMPULAN

1. Proses akuisisi data seismik skala laboratorium dapat dilakukan dengan pemodelan media objek observasi, alat seismic recorder sederhana dan sensor geophone. Dengan pemodelan tersebut dapat diperoleh data seismik guna pembuatan penampang struktur lapisan tanah.
2. Hasil rekaman alat seismic recorder yang dibuat menghasilkan pola-pola grafik data seismik yang sesuai dengan model media objek observasi yang telah dirancang.
3. Alat seismic recorder yang dibuat dapat berfungsi sesuai dengan rancangan fungsinya dengan akurasi penguatan sebesar 92,47 % dari rata-rata tegangan puncak maksimum dan minimum untuk sensor geophone rancangan serta 92,68% untuk sensor geophone pabrikan. Sedangkan untuk akurasi penggeseran sebesar 95.11 % dari rata-rata tegangan puncak maksimum dan minimum untuk sensor geophone rancangan serta 89.51% untuk sensor geophone pabrikan.
4. Sensor geophone pabrikan yang digunakan pabrikan relatif lebih linear dibandingkan dengan sensor rancangan, tetapi kecenderungan linearitas sensor pabrikan tersebut tidak signifikan dibandingkan dengan sensor rancangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. IR. Wijaya Widjanarka N. 2006. Teknik Digital. Jakarta : Erlangga
2. Malvino. 2003. Prinsip- Prinsip Elektronika. Jakarta : Salemba Teknika
3. Roger L. Tokheim. 1990. Elektronika Digital. Jakarta : Erlangga
4. Bishop Owen. 2009. Dasar- dasar Elektronika. Jakarta : Erlangga
5. Abdul Kadir. 2016. Simulasi ARDUINO. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo