TEMA: PENGELOLAAN BENCANA

# LAPORAN AKHIR TAHUN I
# HIBAH STRATEGIS NASIONAL

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. [illegible]
DITERIMA TGL. : 18 Februari 2014
SUMBER/HARGA : HD /
KOLEKSI : FI
NO. INVENTARIS : 145/HDI 2014 - d.1(1)
[illegible] :

# DESAIN DAN PEMBUATAN SISTEM PENDETEKSI GEMPABUMI BERBASIS SENSOR *FLUXGATE*

**Tahun 1 dari rencana 3 tahun**

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG

**TIM PENGUSUL:**

**Ketua:**

**Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si./NIDN: 0002077306**

**Anggota:**
**Dr. Ahmad Fauzi, M.Si/NIDN: 0022056512**
**Drs. M. Taufik Gunawan, M.Sc./NIDN:**

Dibiayai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas RI sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Nomor 023/SP2H/PL/DIT.LITABMAS/V/2013, Tanggal 13 Mei 2013 Perguruan Tinggi Universitas Negeri Padang dengan Surat Perjanjian Kerja Nomor : 388A/UN.35.2/PG/2013

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**
**Oktober 2013**

## HALAMAN PENGESAHAN

| | |
|---|---|
| Judul | : Desain dan Pembuatan Sistem Pendeteksi Gempa Bumi Berbasis Sensor *Fluxgate* |
| Peneliti/Pelaksana | |
| Nama Lengkap | : Dr.Yulkifli, S.Pd, M.Si. |
| NIDN | : 0002077306 |
| Jabatan Fungsional | : Lektor |
| Program Studi | : Fisika |
| Nomor HP | : 081363413004 |
| Alamat surel (e-mail) | : yulkifliamir@gmail.com |
| Anggota (1) | |
| Nama Lengkap | : Dr. Ahmad Fauzi, S.Pd., M.Si |
| NIDN | : 0022056512 |
| Perguruan Tinggi | : Universitas Negeri Padang |
| Anggota (2) | |
| Nama Lengkap | : Drs. M. Taufik Gunawan, M.Sc |
| NIDN | - |
| Institusi | : Badang Meteorologi dan Geofisika (BMKG) |
| Institusi Mitra (jika ada) | |
| Nama Institusi Mitra | : BMKG Padang Panjang |
| Alamat | : Jalan Sultan Syahrir, Silaiang Bawah Padang Panjang, Sumatera Barat |
| Penanggung Jawab | : Kepala Stasiun Geofisika Kelas I BMKG Padang Panjang |
| Tahun Pelaksanaan | : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun |
| Biaya Tahun Berjalan | : Rp. 85.000.000,- |
| Biaya Keseluruhan | : Rp. 300.000.000,- |

Mengetahui,
Dekan FMIPA,
Universitas Negeri Padang

(Prof. Dr. Lufri, M.S.)
NIP. 19610510 198703 1 020

Padang, 29 Oktober 2013
Ketua Peneliti,

(Dr. Yulkifli, S.Pd,M.Si.)
NIP. 19730702 200013 1 002

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang

(Dr. Alwen Bentri, M. Pd.)
NIP. 19610722 1986021 002

# RINGKASAN

Daratan Indonesia merupakan daratan yang labil, karena Indonesia terletak di antara pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Eurasia dan Indonesia juga berada pada jalur pegunungan aktif memanjang dari Sumatera hingga Jawa. Akibatnya setiap tahun Indonesia mengalami gempa bumi, baik berupa gempa tektonik atau gempa vulkanik. Aktivitas gempa yang terjadi dapat menimbulkan kerusakan, sesuai dengan besar dan frekuensi gempa yang terjadi. Untuk mengetahui frekuensi terjadinya gempa dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi getaran gempa. Alat deteksi gempa belum tersebar luas didaerah-daerah rawan gepa dikarenakan harga yang cukup mahal, oleh karena itu perlu dikembangkan alat deteksi gempa dengan harga yang lebih murah.Alat deteksi gempa dapat dibangun dari sensor fluxgate yaitu sensor magnetik yang memiliki sensitifitas yang tinggi.

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium, dimana teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan terhadap tegangan keluaran sensor dan frekuensi getaran. Pengukuran tidak langsung dilakukan untuk menentukan ketepatan dan ketelitian. Data yang didapatkan akan diolah secara statistik dan grafik. Berdasarkan data dan analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa pembangkit getaran terdiri dari dua bagian yaitu bagian mekanik dan elektronik. Ketepatan sensor pembangkit getaran adalah 94.4% dengan ketelitian rata-rata 0,94577. Hubungan tegangan masukan motor DC dengan frekuensi berbanding lurus dimana grafik mendekati linier dengan persamaan y=0.34x-1.151. Ketepatan rata-rata pembangkit getaran adalah 0.98 dengan kesalahan 1.885, dan ketelitian rata-rata 0.976 dengan kesalahan 0.019.

# PENGANTAR

Kegiatan penelitian dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan Tri Dharma Perguruan Tingginya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang, sumber dana BOPTN maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Kemendiknas RI dengan surat pelaksanaan penugasan penelitian Nomor: 023/SP2H/PL/Dit.Litabmas/V/2013 Tanggal 13 Mei 2013 telah membiayai pelaksanaan penelitian dengan judul ***Desain dan Pembuatan Sistem Pendeteksi Gempabumi berbasis Sensor Fluxgate.***

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, serta telah diseminarkan ditingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Kemendiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian tahun 2012. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang baik dari DP2M, penelitian ini tidak dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Semoga hal yang demikian akan lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

**Padang, Desember 2013**
**Ketua Lembaga Penelitian**
**Universitas Negeri Padang,**

**Dr. Alwen Bentri, M.Pd.**
**NIP. 19610722 198602 1 002**

## DAFTAR ISI


DAFTAR ISI ..... 1
DAFTAR GAMBAR ..... 3
DAFTAR LAMPIRAN ..... 4
BAB 1. PENDAHULUAN ..... 5
1.1 Latar Belakang ..... 5
1.2 Perumusan Masalah ..... 6
1.3 Pertanyaan Penelitian ..... 7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA ..... 8
2.1 Tinjauan Tentang Gempa Bumi ..... 8
2.1.1 Intensitas Gelombang Gempa Bumi Makro (Makroseismik) ..... 8
2.1.2 Energi dan Magnitudo Gelombang Gempa Bumi ..... 8
2.2 Tinjauan Tentang Getaran ..... 10
2.3 Tinjauan Tentang Sensor *Fluxgate* ..... 12
2.4 Power Supply ..... 16
2.5 Sensor Optocoupler ..... 17
2.6 Motor DC ..... 19
2.7 Mikrokontroler ATmega 8535 ..... 21
2.8 Liquid Cristal Display (LCD) ..... 23
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN ..... 26
3.1 TUJUAN PENELITIAN ..... 26
3.2 MANFAAT PENELITIAN ..... 26
BAB 4. METODE PENELITIAN ..... 27
4.1 Tempat dan waktu penelitian ..... 27
4.2 Alat dan bahan ..... 27
4.2 Desain Alat Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah ..... 27
4.2.1 Variabel Penelitian ..... 27
4.2.2 Model Penelitian ..... 27
4.2.3 Rancangan Penelitian ..... 28
4.3 Prosedur penelitian pembangkit getaran frekuensi rendah ..... 32




MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

4.4 Teknik Pengumpulan Data ..... 33
4.5 Analisis Data ..... 34
BAB 5. HASIL YANG DICAPAI ..... 36
5.1 Spesifikasi Performansi Pembangkit getaran ..... 36
5.2 Spesifikasi Desain Sistem Pembangkit getaran ..... 39
5.3 Spesifikasi Performansi alat ukur gempa bumi berbasis sensor *fluxgate* ..... 44
BAB 6. RENCANA TAHAPAN ..... 48
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN ..... 49
7.1 Kesimpulan ..... 49
7.2 Saran ..... 49
DAFTAR PUSTAKA ..... 50

## DAFTAR GAMBAR


Gambar 1. Bentuk Gelombang Gempa Bumi ..... 9
Gambar 2. (a)Sistem derajat kebebasan tunggal dengan peredam. .(b) -gaya yang bekerja pada benda (Goldman, 1999). ..... 10
Gambar 3. Bentuk Garis getaran (Goldman, 1999) ..... 11
Gambar 4. Prinsip sensor *fluxgate*( Pavel Ripka dan Alois Tipek,2007). ..... 12
Gambar 5. Desain elemen sensor kumparan pick-up ganda dengan inti ..... 13
Gambar 6. Prinsip Kerja Sensor *Fluxgate* (dimodifikasi dari Grueger, 2000) ..... 14
Gambar 7. Rangkaian Catu Daya Teregulasi ..... 17
Gambar 8. Bentuk Fisik *Optocoupler* ..... 18
Gambar 9. Rangkaian Dasar Sensor *Optocoupler* ..... 18
Gambar 10. Motor DC ..... 19
Gambar 11. Prinsip Motor DC ..... 20
Gambar 12. Pin mikrokontroler ATmega 8535 ..... 22
Gambar 13. Bentuk LCD ..... 23
Gambar 14. *Typical mechanical system* ..... 28
Gambar 15. Desain alat pembangkit getaran frekuensi rendah ..... 29
Gambar 16. *Flowchart*pembangkit getaran frekuensi rendah ..... 31
Gambar 17. Pembangkit getaran ..... 36
Gambar 18. Komponen I/O pembangkit getaran ..... 37
Gambar 19. Rangkaian penyusun pembangkit getaran ..... 38
Gambar 20. Sistem mekanik pembangkit getaran ..... 38
Gambar 21. Grafik hubungan tegangan terhadap frekuensi ..... 40
Gambar 22. Grafik hubungan pembebanan terhadap frekuensi ..... 41
Gambar 23. Grafik ketepatan frekuensi ..... 42
Gambar 24. Grafik Kesalahan mutlak pembangkit getaran ..... 43
Gambar 25. Grafik kesalahan relatif ..... 44
Gambar 26. Sistem mekanik Sensor *fluxgate* ..... 45
Gambar 27. Modul pengolahan sinyal ..... 46
Gambar 28. Sirkuit elektronika modul pengolah data ..... 47

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Artikel Ilmiah ..... 52
Lampiran 2. Produk Penelitian ..... 60
Lampiran 3. Judul Skripsi Mahasiswa Yang Terlibat ..... 62
Lampiran 4. Draf Buku Referensi/ Buku Ajar ..... 64
Lampiran 5. Draf Paten ..... 67
Lampiran 6. Surat Undangan dari Kyoto University ..... 76

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Daratan Indonesia merupakan daratan yang labil, karena Indonesia terletak di antara pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia dan Indonesia juga berada pada jalur pegunungan aktif memanjang dari Sumatera hingga Jawa. Akibatnya setiap tahun Indonesia mengalami gempa bumi, baik berupa gempa tektonik atau gempa vulkanik.

Purwana (2010:1) menyatakan bahwa gempa bumi adalah getaran (osilasi) yang disebabkan oleh deformasi elastik yang merambat melalui bumi. Ketika gempa bumi terjadi sebagian energinya merambat kesegala arah berupa gelombang gempa bumi. Aktivitas gempa yang terjadi dapat menimbulkan kerusakan, sesuai dengan besar dan frekuensi gempa yang terjadi. Untuk mengetahui frekuensi terjadinya gempa dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi getaran gempa. Alat deteksi getaran gempa dapat dikembangkan dari berbagai sensor, seperti sensor *fluxgate*, sensor dengan menggunakan gejala perubahan kapasitansi, perubahan muatan listrik dari piezoelektrik, perubahan posisi dalam *Linier Variable Displacement Transvormer* (LVDT), efek medan magnet, dan lain sebagainya.

Sensor *fluxgate* merupakan sensor yang berkerja akibat respon induksi medan magnet. karakteristik dari sensor fluxgate yaitu mampu mendeteksi perubahan medan magnet yang sangat kecil (orde nano tesla). Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa "sensor *fluxgate* dapat mengukur medan magnet ± 20 μT dengan resolusi 7,6 nT, sensitivitas 4,08 mV/μT dan kesalahan relatif 0,021%". Keunggulan lain resolusi sensor *fluxgate* kecil, sehingga jika dikembangkan sensor ini dapat digunakan sebagai alat ukur dan menjadi dasar pembuatan alat deteksi getaran gempa (Djamal, et al. 2010).

Dalam pengembangan alat deteksi gempa dibutuhkan sebuah sumber penggetar (pembangkit getaran ) sebagai kalibrator sensor. Sumber penggetar merupakan suatu piranti yang menghasilkan getaran mekanik dengan frekuensi tertentu. Sumber penggetar ini menggunakan motor DC sebagai *actuator* dan sensor optocoupler sebagai pencacah. Motor DC digunakan karena kecepatannya dapat difariasikan, sehingga meghasilkan frekuensi yang berfariasi. Alasan lainnya yaitu karena motor DC memiliki torsi yang tinggi, performansinya mendekati linier, dan sistem kontrolnya lebih sederhana.

Pembangkit getaran ini menggunakan sensor *optocoupler* sebagai pencacah. Alasannya adalah karena keluaran sensor dalam bentuk tegangan (volt), sehingga tidak dibutuhkan lagi rangkaian tambahan seperti rangkaian pengolah sinyal. Sensor *optocoupler* mudah didapatkan dan harganya tidak mahal, ukuran kecil dan ringan. arus yang digunakan juga lebih rendah, serta kecepatan *on* atau *off* nya lebih cepat sehingga akurasinya lebih baik.

Pembangkit getaran yang dihasilkan akan digunakan untuk kalibrasi sensor yaitu dalam menyelidiki hubungan antara frekuensi getaran dengan tegangan yang dihasilkan sensor, sebagai Pengembangan juga meliputi pengolahan data yang dapat dilihat secara cepat dan *real time.* Hal ini dapat dilakukan dengan mengintegrasikan data sistem pendeteksi gempa bumi yang di dari sensor *fluxgate* ke *Personal Computer* (PC). Dengan dasar ini penelitian ini diberi judul "Desain dan Pembuatan Sistem Pendeteksi Gempa Bumi Berbasis Sensor *Fluxgate*".

## 1.2 Perumusan Masalah

Sebagai perumusan masalah penelitian ini yaitu bagaimana merancang dan membangun sistem pendeteksi gempa bumi berbasis sensor *fluxgate*.

## 1.3 Pertanyaan Penelitian

Dalam menjawab permasalahan dalam penelititan ini perlu dikemukakan pertanyaan penelitian

a. Bagaimana Spesifikasi desain dan performansi sumber penggetar yang telah dihasilkan?
b. Bagaimana spesifikasi desain sistem pendeteksi getaran gempa bumi yang telah dihasilkan?
c. Bagaimana spesifikasi performansi sistem pendeteksi getaran gempa bumi yang telah dihasilkan?

# BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Tinjauan Tentang Gempa Bumi

Gempa bumi dilihat dari asal usulnya terbagi dua, gempa bumi akibat fenomena alami dan gempa bumi akibat ulah manusia. Gempa bumi akibat fenomena alami meliputi gempa tektonik, gempa vulkanik, longsor dan badai. Gempa bumi akibat ulah manusia meliputi efek ledakan, efek penambangan, perindustrian dan lain sebagainya. Pengukuran besaran gelombang gempa bumi dilakukan dengan menganalisis dan mengidentifikasi parameter-parameter dalam peristiwa gelombang gempa bumi, berikut merupakan parameter-parameter gempa yang menunjukan ukuran dan kekuatan sumber gelombang gempa bumi:

### 2.1.1 Intensitas Gelombang Gempa Bumi Makro (Makroseismik)

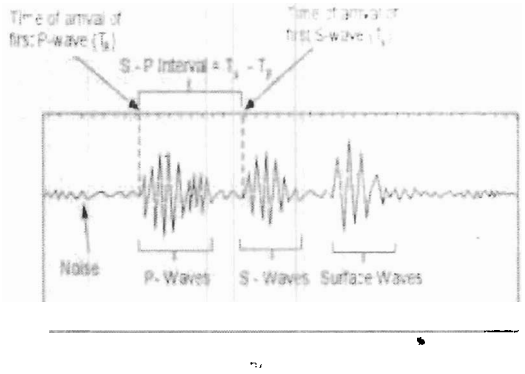
Dampak yang ditimbulkan oleh gelombang gempa bumi dapat ditentukan dari intensitas makroseismiknya. Intensitas gelombang gempa bumi bergantung pada jarak sumber makroseismik dan kondisi tanah. Intensitas dapat menjelaskan kekuatan gelombang gempa bumi yang berkaitan dengan persepsi manusia terhadap kerusakan bangunan dan perubahan lingkungan sekitar. Dari analisis distribusi area tentang pelaporan yang dirasakan dan kerusakan yang tejadi akibat makroseismik, didapat hubungan empiris dari pengukuran intrumental terhadap intensitas sumber getaran dapat diperkirakan intensitas di pusat gempa bumi ($I_0$) dan kedalaman sumber (h).

### 2.1.2 Energi dan Magnitudo Gelombang Gempa Bumi

Magnitudo adalah skala logaritmik kekuatan gempa bumi berdasarkan pengukuran instrumental. Konsep magnitudo pertama di usulkan oleh Richter (1935). Mangnitudo suatu getaran adalah logaritma amplitudo jejak maksimum yang dinyatakan dalam mikron. Konsep ini dari pengukuran getaran menggunakan seismometer torsi standar periode pendek dan erekam kejadian getaran gempa pada jarak episenter 100 km.

Energi magnitudo (Me) ditentukan dengan menghubungkan magnitudo-energi secara empiris, dari besar hubungan ini dapat diestimasi besarnya energi getaran. Kebanyakan energi getaran terkosentrasi dalam bagian frekuensi yang lebih tinggi, Me lebih cocok untuk menggukur potensi kerusakan akibat gempa bumi. Ada banyak cara dan presepsi dalam menentukan besarnya magnitudo yang di hasilkan oleh gelombang gempa bumi. Gambar 1 merupakan bentuk gejala gelombang gempa bumi yang di interprestasikan dalam bemtuk grafik getaran.

Untuk dapat menghitung besar gelombang gempa bumi dibutuhkan parameter-parameter meliputi gelombang primer (*P-wave*), gelombang sekunder (*S-wave*), waktu terjadinya gelombang primer($T_p$), waktu terjadinya gelombang sekunder (Ts) serta waktu ahir terjadinya getaran($T_c$).




Gambar 1. Bentuk Gelombang Gempa Bumi

Gelombang primer adalah gelombang pertama tiba di seismograf. Gelombang sekunder adalah gelombang transversal geser setelah gelombang Episentrum jarak (dalam km) dan besarnya gempa (diukur pada skala Richter) dihitung berdasarkan persamaan :

$$Jarak = p1 \cdot (T_s - T_p)$$

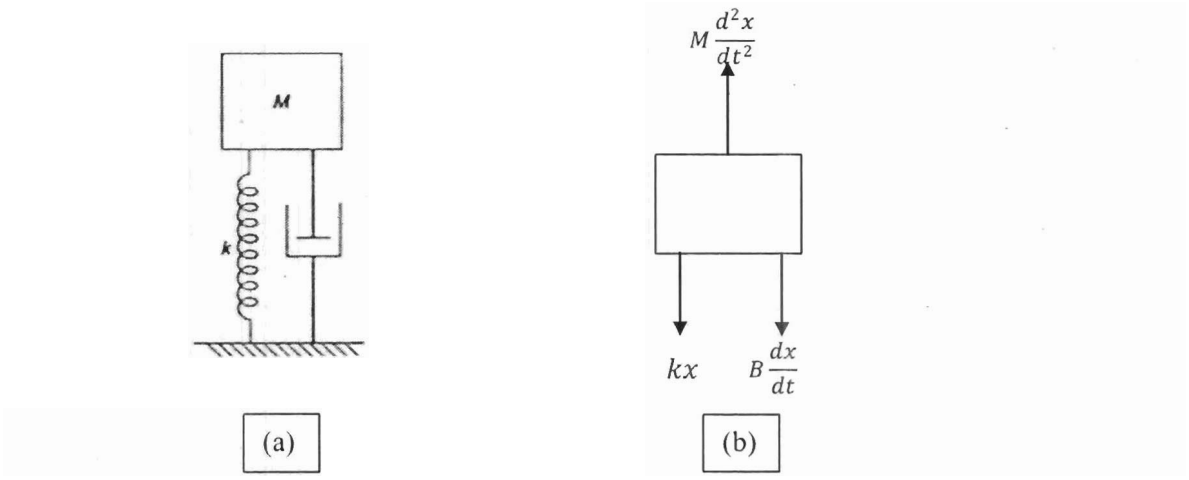
Magnitudo = p2 · log10 (tc - tp) + ($p3 \cdot Jarak$ )- $p4$

$p1$, $p2$, $p3$, $p4$ adalah konstanta yang bergantung pada jenis batu yang dilewati oleh

gelombang gempa bumi. Nilai umum yang digunakan $p1 = 7.6$, $p2 = 2.31$, $p3 = 0{,}0012$, $p4 = 1.0$.

## 2.2 Tinjauan Tentang Getaran

Efek yang diberikan oleh gelombang gempa bumi jika ditinjau pada satu titik menimbulkan bentuk getaran, dari bentuk getaran ini akan didapat nilai-nilai besaran dari gempa bumi. Getaran merupakan gerakan bolak balik suatu benda disekitar titik kesetimbangannya. Getaran disebabkan karena adanya gangguan yang diberikan kepada suatu benda ataupun materi. Dalam menganalisa getaran ada beberapa hal yang perlu diketahui, seperti simpangan, amplitude, frekuensi, dan perioda. Untuk meninjau konsep mekanik sebuah benda bergetar dapat dilihat pada Gambar 2.




Gambar 2. (a)Sistem derajat kebebasan tunggal dengan peredam. (b) - gaya yang bekerja pada benda (Goldman, 1999).

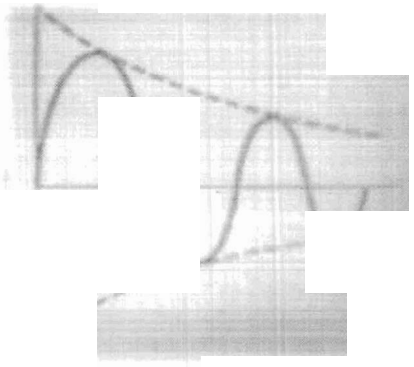
Gambar 2 merupakan sistem derajat kebebasan tunggal dengan peredam. Dari Gambar 2, dapat dilihat sebuah benda m ditahan oleh sebuah pegas dengan konstata **K**, dan sebuah peredam dengan konstanta redaman **B**. Goldman ( 1999: 104) mengemukakan Resultan gaya dari masa ini adalah:

$$F = Ma = M\frac{dv}{dt} = M\frac{d^2x}{dt^2} \qquad (1)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada benda ditunjukan pada Gambar 2, dimana gaya pegas adalah kx dan gaya redaman adalah $Bv = B\frac{dx}{dt}$. Sehingga didapatkan persamaan :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + B\frac{dx}{dt} + kx = 0 \qquad (2)$$

Fungsi persamaan 2, dapat kita gambarkan bentuk asumsi getaran seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk Garis getaran (Goldman, 1999)

Solusi klasik untuk persamaan diferensial didapatkan dengan mensubtitusikan $x = e^{st}$ didapatkan:

$$e^{st}\ (Ms^2 + Bs + k) = 0 \qquad (3)$$

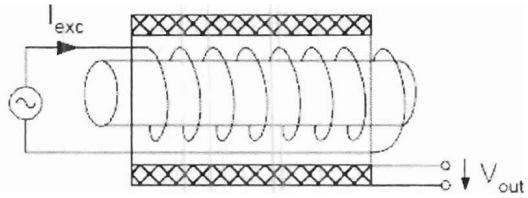
Persamaan ini benar hanya jika besaran dalam tanda kurung sama dengan nol. Sehingga dihasilkan persamaan kuadrat pada s dengan dua kemungkinan akar-akar s,

$$s_{1,2} = \frac{-B}{2M} \pm \left(\left(\frac{B}{2M}\right)^2 - \frac{K}{M}\right)^{1/2} \qquad (4)$$

Persamaan 4 merupakan persamaan gerak dari sistem derajat kebebasan tunggal yang dapat di aplikasikan pada fungsi sebuah getaran dari sebuah sistem.

## 2.3 Tinjauan Tentang Sensor *Fluxgate*

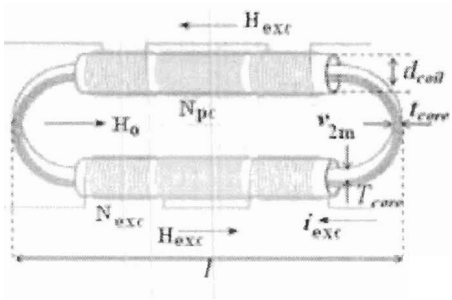
Sensor *fluxgate* adalah sensor magnetik yang bekerja berdasarkan perubahan *flux* magnetik disekitar elemen sensor. Hal ini sesuai dengan yang diutarakan Pavel Ripka dan Alois Tipek, (2007:159) bahwa sensor *fluxgate* dapat menggukur medan magnet hingga resolusi 100pT, pada prinsipnya sensor *fluxgate* bekerja akibat adanya perubahan medan pada inti *coil* sehingga menghasilkan arus (Iexc). Seperti yang telihat pada Gambar 4.




Gambar 4. Prinsip sensor *fluxgate*( Pavel Ripka dan Alois Tipek,2007).

Salah satu bentuk *probe* sensor dalam sensor *fluxgate* adalah berbentuk lurus, *probe* ini terdiri dari inti yang terbuat dari logam khusus, kumparan primer dan kumparan sekunder. Probe yang dirancang di sini adalah probe sensor yang terdiri dua buah inti. Pada masing-masing inti dililitkan *excitation coil* dan *pick-up coil.*

Gambar 5 merupakan desain elemen sensor kumparan pick-up ganda dengan inti berbentuk oval elemen sensor *fluxgate* dengan Hexc adalah medan yang dihasilkan oleh kumparan eksitasi, Ho medan eksternal, Iexc arus yang dialirkan ke kumparan eksitasi, Nexc jumlah lilitan eksitasi, Npc jumlah lilitan pick-up, Tcore lebar inti feromagnetik, tcore tebal inti, *dcoil* diameter kumparan, $V_{2m}$ tegangan keluaran harmonis ke dua dari sensor, dan *l* panjang sensor.




Gambar 5. Desain elemen sensor kumparan pick-up ganda dengan inti berbentuk oval

Kumparan eksitasi berfungsi sebagai pembangkit medan magnet referensi. Pada kumparan eksitasi, medan listrik dialirkan dan diubah menjadi medan magnet Besarnya medan magnet yang timbuI secara matematis dirumuskan pada Persamaan (5):

$$B=\mu in \quad (5)$$

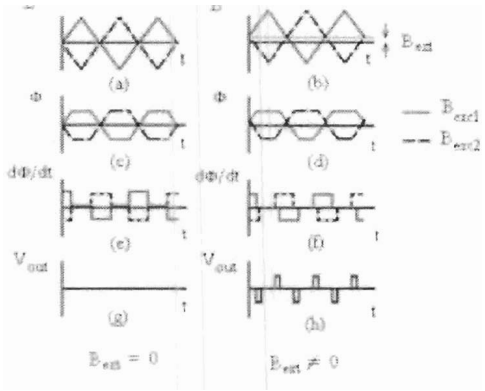
μ adalah nilai permeabilitas bahan, i adalah arus yang mengalir, n adalah jumlah lilitan persatuan panjang. Kumparan sekunder *(pick-up coil)* adalah kumparan yang berfungsi untuk mengubah besarnya perubahan medan magnet yang terjadi menjadi besaran listrik. Besamya tegangan yang terjadi secara matematika dirumuskan pada Persamaan.(6):

$$E = -N\frac{d\Phi}{dl} = N\frac{d(BA)}{dl} \quad (6)$$

Pada kumparan eksitasi, arus yang dialirkan dikendalikan oleh sebuah osilator frekuensi. Frekuensi osilator ditentukan oleh frekuensi dari kristal untuk *fluxgate* magnetometer yaitu 1-20 kHz, di sini digunakan osilator dengan frekuensi 4 kHz, dengan frekuensi sebesar ini hasil yang diperoleh lebih optimal. Frekuensi yang digunakan untuk kumparan eksitasi adalah setengah dari frekuensi ini yaitu 2 kHz (f), dan frekuensi 4 kHz (2f) digunakan untuk detektor fasa.

Pada metoda *fluxgate* pengukuran kuat medan magnet didasarkan pada hubungan antara kuat medan magnet yang diberikan dengan *flux* medan magnet induksi. Jika yang dihasilkan berasal dari masukan berupa gelombang pulsa bolak-balik, maka dalam keadaan saturasi pada

keluaran akan timbul gelombang harmonik genap, gelombang harmonik ke dua, yang besarnya sebanding dengan medan magnet luar yang mempengaruhi inti dan arahnya sebanding dengan arah medan magnet luar. Prinsip pengukuran ini dapat ditunjukkan Gambar 6.




Gambar 6. Prinsip Kerja Sensor *Fluxgate* (dimodifikasi dari Grueger, 2000)

Gambar 6. Prinsip kerja sensor magnetik *fluxgate*. a) Medan eksitasi tanpa medan magnet luar *Bext*=0; b) Medan eksitasi dengan medan magnet luar *Bext*≠0; c) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada *Bext*=0; d) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada *Bext*≠0; e) perubahan *flux* terhadap waktu pada *Bext*=0; f) perubahan *flux* terhadap waktu pada *Bext*≠0; g) tegangan keluaran sensor pada *Bext*=0; h) tegangan keluaran sensor pada *Bext*≠0 .

Karakteristik tegangan keluaran sensor *fluxgate* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain: jumlah lilitan eksitasi dan *pick-up,* jumlah lapisan, dimensi geometri elemen sensor, sifat dan jenis material inti, frekuensi dan arus eksitasi.

Untuk mengevaluasi tegangan keluaran sensor *fluxgate* digunakan fungsi transfer. Fungsi transfer suatu sensor magnetik *fluxgate* menggambarkan hubungan antara tegangan keluaran Vo dengan medan magnet yang diukur. Fungsi transfer dapat dihitung menggunakan pendekatan polinomial kemudian mencari komponen frekuensi yang ada di dalam kerapatan *flux* magnetik inti sensor. Penggunaan pendekatan polinomial teknik harmonisa kedua akan memudahkan

untuk menyederhanakan fungsi transfer ke dalam komponen frekuensi (Gopel, *et al.*, 1989). Dengan asumsi bahwa inti (*core*) sensor bertipe linear dan medan eksitasi berbentuk sinusoida, maka berdasarkan penurunan inti ini akan disaturasikan dengan medan eksitasi sinusoida sebagai:

$$H_{ref} = H_{ref\max} \sin \omega t \tag{7}$$

Persamaan (7) akan disuperposisikan dengan medan magnet eksternal. Medan magnet di dalam inti sensor kemudian akan menjadi

$$H_{\text{int}} = \frac{H_{ext} + H_{ref\max} \sin \omega t}{1 + D(\mu_r - 1)} \tag{8}$$

dengan $\mu_r$ adalah permeabilitas relatif dan $D$ adalah faktor demagnetisasi untuk inti linear. Untuk mengukur rapat *flux* di dalam inti, ada baiknya menormalisasi kuat medan magnet internal menjadi $H_0^*$, dalam bentuk:

$$H_0^* = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{B_{sat}\left[1 + D(\mu_{rn} - 1)\right]}{\mu_{rn}\mu_0} \tag{9}$$

Disini kuat medan magnet dalam inti menjadi

$$h_{\text{int}} = \frac{H_{\text{int}}}{H_0^*} = h_{ext} + h_{ref\max} \sin \omega t \tag{10}$$

Komponen harmonisasi kedua sebanding dengan kuat medan magnet luar. Tegangan keluaran $V_{out}$ dari kumparan sekunder juga sesuai dengan turunan waktu rapat *flux* di dalam inti, amplitudo tegangan keluran induksi dilukiskan dengan hukum Faraday

$$V_{out} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -NA\frac{dB}{dt} \tag{11}$$

$N$ adalah jumlah lilitan kumparan sekunder dan $A$ adalah luas bidang potong inti sensor.

Tengangan keluaran kumparan sekunder ternormalisasi $v_{out}$ adalah :

$$v_{out} = -\frac{V_{out}}{NA} = \frac{dB}{dt} = B_0 \cdot \frac{db}{dt} \tag{12}$$

Komponen tegangan keluaran harmonisa ke dua $V_{out2h}$ dari kumparan sekunder adalah

$$U_{out} = -3B_0 NA\omega A_3 h_{ext} h_{ref\,max}^2 \sin 2\omega t \tag{13}$$

$$V_{out2h} = h_{ext} K \sin 2\omega t \tag{14}$$

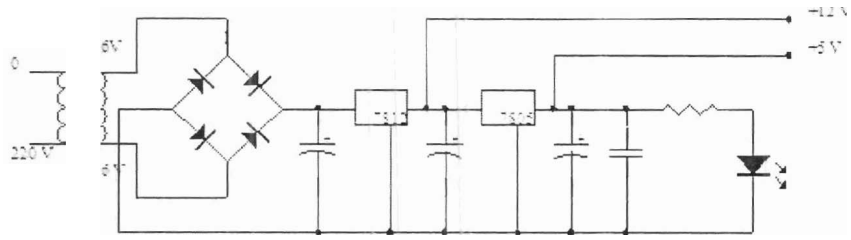
dengan $K$ adalah tetapan.

## 2.4 Power Supply

Power supply merupakan suatu peralatan yang sangat penting karena hampir semua peralatan elektronika memerlukan tegangan DC untuk mengoperasikannya. Power supply (catu daya) adalah suatu yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Catu daya teregulasi dapat dibangun dari IC regulator tegangan. IC regulator tegangan ini diantaranya adalah 78xx dan 79xx. Hal ini juga dinyatakan Sutrisno (1999:80) bahwa regulasi tegangan yang tidak terlalu ketat kita dapat gunakan regulator tegangan IC tiga terminal. Regulator ini dikenal dengan 78xx dan 79xx. Regulator IC 78xx adalah adalah regulator tegangan positif untuk xx volt, sedangkan 79xx adalah regulator tegangan negatif untuk xx volt.

Agar mendapatkan tegangan teregulasi dibutuhkan IC reglator yang terdiri dari tiga terminal, sebagai contoh untuk mendapatkan tegangan regulasi +12 Volt dan +5 Volt digunakan IC 7812 dan 7815 yang aplikasinya seperti pada Gambar 7

1HS/HO/2014 - d.1 (1)



Gambar 7. Rangkaian Catu Daya Teregulasi

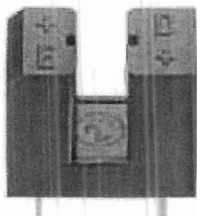
Tegangan AC yang diturunkan dengan menggunakan transformator kemudian disearahkan dengan menggunakan empat dioda yang membentuk penyearah sistem jembatan. Keluaran dari penyearah dihubungkan dengan kapasitor sebagai filter, sehingga dihasilkan tegangan keluaran DC tak teregulasi. kemudian digunakan dua IC regulator 12 Volt dan 5 Volt.

Tegangan dua IC regulator akan digunakan dalam sistem alat ukur getaran gempa, misalnya tegangan +5 Volt untuk mengoperasikan mikrokontroler dan tegangan 12 Volt digunakan untuk pengolahan modul pada sensor *fluxgate.*

## 2.5 Sensor Optocoupler

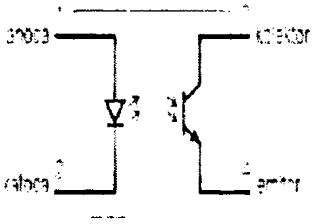
Sensor *optocoupler* adalah suatu piranti yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* dibangun dari LED inframerah yang memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak, sedangkan *receiver* dibangun dari komponen dasar fototransistor yang lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar inframerah. *Optocoupler* adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Bentuk Fisik sensor *Optocoupler* ditunjukan oleh Gambar 8

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG



Gambar 8. Bentuk Fisik *Optocoupler*

Sensor optocoupler bekerja berdasarkan picu optik dimana sinar inframerah pada transmitter akan memicu atau mentrigger fototransistor pada receiver sehingga mengakibatkan tegangan keluaran sensor optocoupler akan berbubah. Skema dasar dari sensor optocoupler ditunjukan pada_Gambar 9



Gambar 9. Rangkaian Dasar Sensor *Optocoupler*

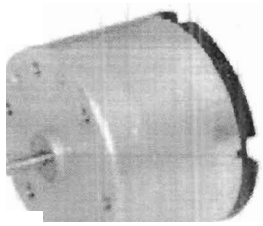
Dari skema dasar pada Gambar 9 dapat kita lihat bahwa sensor *optocoupler* memiliki empat kaki. Kaki satu dan dua merupakan kaki catudaya untuk mengaktifkan LED infra merah. Kaki tiga dan empat merupakan kolektor dan emitter dari fototransistor yang sekaligus merupakan keluaran dari sensor *optocoupler*. Ketika diberi catudaya maka LED inframerah akan aktif dan memancarkan sinar inframerah menuju fototransistor yang terdapat pada *receiver*. Cahaya

inframerah akan mentriger daerah basis fototransistor sehingga arus akan mengalir dari kolektor menuju emitor.

Ketika diantara *transmitter* dan *receiver* terhalang maka fototransistor akan off sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika HIGHT. Sebaliknya, ketika diantara transmitter dan receivernya tidak terhalang maka fototransistor akan on sehingga keluarannya akan berlogika LOW.

## 2.6 Motor DC

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Hal ini diperkuat oleh Zamroni (2006) motor DC atau motor arus searah adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik. Motor DC banyak dijumpai pada peralatan yang menggunakan pita kaset seperti pada pemutar tape, pada printer, mainan anak-anak. Sesuai dengan namanya motor DC hanya dapat didayai dengan tegangan DC. Dengan demikian putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga dirubah. Motor DC juga memiliki tegangan kerja yang bervariasi, mulai dari 3V, 6V, dan 12V. bentuk fisik motor DC dapat dilihat pada Gambar 10.



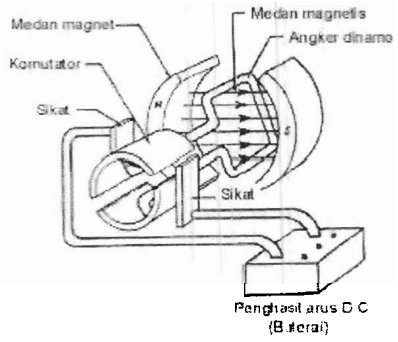
Gambar 10. Motor DC

Motor DC terdiri dari dua bagian yaitu strator dan rotor. Strator merupakan bagian motor tidak bergerak , biasanya magnet. Sedangkan rotor merupakan bagian yang bergerak, biasanya

kumparan. Ketika kumparan diberi arus maka timbul gaya yang menyebabkan putaran rotor. Semakin besar arus yang diberikan maka semakin cepat putarannya

Arah putaran motor DC megnet permanen ditentukan oleh arah arus yang mengalir pada jangkar. Pembalokan ujung-ujung jangkar tidak membalik arah putaran. Salah satu keistimewaan motor DC adalah kecepatannya dapat diatur dengan mudah. Kecepatan putar motor berbanding langsung dengan tegangan yang diberikan pada jangkar. Semakin besar tegangan jangkar, semakin tinggi kecepatan motor. motor DC biasanya digunakan dalam rangkaian yang memerlukan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan pada torsi yang konstan. (Malvino:1999).

Motor arus searah mempunyai magnet permanen yang memberikan medan magnet yang tetap. Armatur dari motor yang berputar ditaruh dalam daerah medan magnet. Armatur terdiri dari beberapa kumparan yang dililitkan pada inti besi dan dirangkaikan dengan sebuah akumulator. Sewaktu arus melewati kumparan armatur, maka armatur akan berputar. Arus yang lewat komutator diambil dari sikat. Komponen motor DC dapat dilihat pada Gambar 11




Gambar 11. Prinsip Motor DC

Dari Gambar 11 di atas dapat dijelaskan bahwa catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung

lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

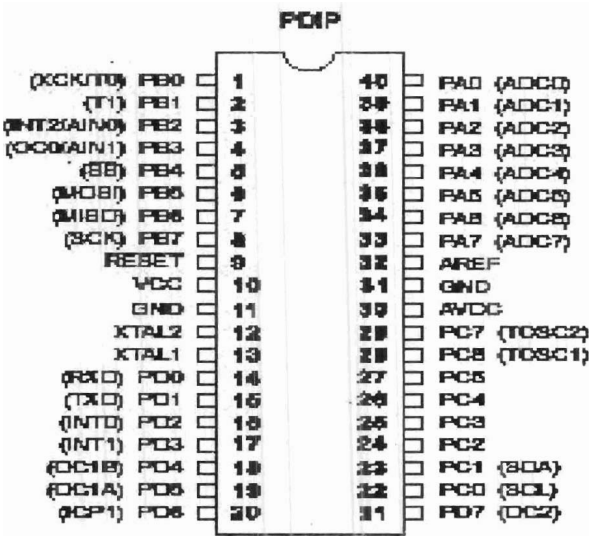
## 2.7 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler adalah otak dari suatu sistem elektronika seperti halnya seperti mikroprosesor sebagai otak komputer. Menurut (Agfianto: 2002) mikrokontroler merupakan suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan teknologi baru semikonduktor dengan kandungan transistor yang banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara banyak. Nilai tambah dari mikrokontroler adalah terdapatnya memori dan port input/output dalam suatu kemasan IC yang kompak.

Mikrokontroler memiliki jenis yang berfariasi seperti ATtiny, AT890Sxx, ATMega, AT86RFxx, yang merupakan keluarga mikrokontroler AVR dan mikrokontroler C 51, mikrokontroler C 52 yang merupakan keluarga MCS. Mikrokontroler AVR dibangun dengan arsitektur RISC *(Reduced Instruction Set Computing)* 8 bit, dimana semua instruksi di kemas dalam kode 16 bit (16 bits word) dan sebagian besar instruksi di eksekusi dalam 1 (satu) siklus clock. Berbeda dengan mikrokontroler MCS51 masih menggunakan teknologi CISC *(Complex Instruction Set Computing)* yang membutuhkan 12 siklus clock.

ATmega 8535 merupakan keluaran mikrokontroler ATmega (mikrokontroler jenis AVR). ATmega 8535 merupakan Sistem mikrokontroler 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz, memiliki memori flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte, memiliki ADC (*Analog Digital Converter*) internal dengan ketelitian 10 bit sebanyak 8 saluran, memiliki PWM (*Pulse Wide Modulation*) internal sebanyak 4 saluran, dan portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps, serta enam pilihan mode sleep untuk menghemat penggunaan daya listrik.

ATmega 8535 terdiri dari 40 pin dengan saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D. Konfigurasi pin ATmega 8535 diperlihatkan pada Gambar 12




Gambar 12. Pin mikrokontroler ATmega 8535

Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 8535. Nama-nama pin mikrokontroler ini adalah

1) VCC untuk tegangan pencatu daya positif.
2) GND untuk tegangan pencatu daya negatif.
3) PortA (PA0 – PA7) sebagai port Input/Output dan memiliki kemampuan lain yaitu sebagai input untuk ADC
4) PortB (PB0 – PB7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
5) PortC (PC0 – PC7) sebagai port Input/Output untuk ATMega8535.
   PortD (PD0 – PD7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
6) RESET untuk melakukan reset program dalam mikrokontroler

7) XTAL1 dan XTAL2 untuk input pembangkit sinyal clock.

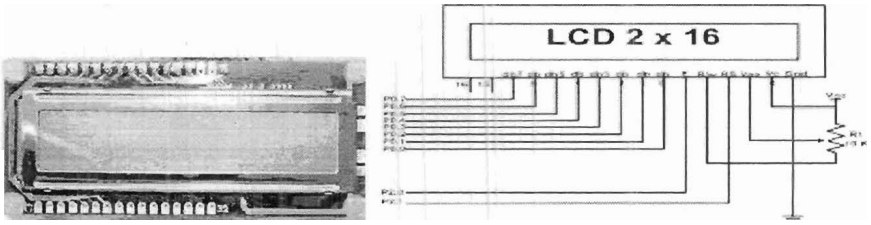
AVCC untuk pin masukan tegangan pencatu daya untuk ADC.

8) AREF untuk pin tegangan referensi ADC.

## 2.8 Liquid Cristal Display (LCD)

LCD merupakan salah satu media yang digunakan sebagai penampil data pada sistem berbasis mikrokontroler. LCD memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perangkat lain untuk menampilkan sebuah data, antara lain adalah hemat, ringan dan proses perancangan yang relatif lebih mudah. Disamping itu LCD mampu menampilkan karakter berbasis kode ASCII, dan mampu menampilkan karakter sesuai dengan yang diinginkan.

LCD yang tersedia saat ini terdiri atas LCD grafik dan LCD teks. LCD grafik mampu menampilkan data dalam bentuk *image*, sedangkan LCD teks akan menampilkan karakter. LCD teks yang umum digunakan adalah 2X16 ( 2 baris X 16 baris ), 2X20 dan 4X20. Bentuk fisik LCD diperlihatkan pada Gambar 13:




(a) (b)

Gambar 13. Bentuk LCD

(a) Bentuk Fisik LCD 2 x 16 (b) Rangkaian Display LCD

Berdasarkan Gambar 13 dapat dijelaskan bahwa kaki 1 pada LCD dihubungkan ke ground, 2 dihubungkan ke Vcc, 3 dan 5 dihubungkan ke potensiometer setelah itu dihubungkan ke Vcc, 4 dan 6 dihubungkan ke mikrokontroler,kaki 11, 12, 13, 14 dihubungkan ke mikrokontroler.

Operasi dasar LCD terdiri dari empat kondisi, yaitu instruksi mengakses prose internal, instruksi menulis data, instruksi membaca kondisi sibuk dan instruksi membaca data. Kombinasi instruksi dasar inilah yang dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD.

Mikrokontroler akan melakukan inisialisasi ketika sistem mulai diaktifkan. Selama proses inisialisasi ini maka akan ditampilkan pesan-pesan yang berhubungan dengan proses tersebut. LCD akan menampilkan kata-kata pembuka dan menunggu hingga *user* mengaktifkan menu utama.

Tabel 1. Fungsi pin pada LCD:

| No | Simbol | Level | Keterangan |
|---|---|---|---|
| 1 | Vss | | Dihubungkan ke 0 V (Ground) |
| 2 | Vcc | | Dihubungkan dengan tegangan supply +5V dengan toleransi ± 10%. |
| 3 | Vee | - | Digunakan untuk mengatur tingkat kontras LCD. |
| 4 | RS | H/L | Bernilai logika '0' untuk input instruksi dan bernilai logika '1' untuk input data. |
| 5 | R/W | H/L | Bernilai logika '0' untuk proses 'write' dan bernilai logika '1' untuk proses 'read'. |
| 6 | E | H | Merupakan sinyal enable. Sinyal ini akan aktif pada failing edge dari logika '1' ke logika '0'. |
| 7 | DB0 | H/L | Pin data D0 |
| 8 | DB1 | H/L | Pin data D1 |
| 9 | DB2 | H/L | Pin data D2 |
| 10 | DB3 | H/L | Pin data D3 |
| 11 | DB4 | H/L | Pin data D4 |
| 12 | DB5 | H/L | Pin data D5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13 | DB6 | H/L | Pin data D6 |
| 14 | DB7 | H/L | Pin data D7 |
| 15 | V+BL | - | Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan tegangan sebesar 4 – 4,2 V dengan arus 50 – 200 mA |
| 16 | V-BL | - | Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan ground |

LCD memerlukan daya yang kecil, tegangan yang dibutuhkan juga rendah yaitu +5 VDC. Panel TN LCD untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada display dan CMOS LCD drive sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi display dapat dikontrol dengan memberikan instruksi dan dapat dengan mudah dipisahkan oleh MPU. Hal ini membuat LCD berguna untuk *range* yang luas dari terminal display unit untuk mikrokomputer dan display unit *measuring gages* .

# BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

## 3.1 TUJUAN PENELITIAN

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu alat ukur getaran gempa bumi *real time* PC menggunakan sensor *fluxgate*, namun secara khusus tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Menjelaskan spesifikasi desain pendeteksi getaran gempa bumi yang telah dihasilkan
b. Menjelaskan spesifikasi performansi sistem pendeteksi getaran gempa bumi yang telah dihasilkan?

## 3.2 MANFAAT PENELITIAN

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada :

a. BMKG, menambah referensi alat ukur standar untuk gempa bumi.
b. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi untuk mengembangakan alat ukur berbasis *fluxgate.*
c. Jurusan fisika, sebagai instrumen alternatif yang dapat digunakan pada laboratorium fisika khususnya Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi
d. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika dan dalam upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.

# BAB 4. METODE PENELITIAN

## 4.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang. Penelitian dilakukan pada bulan Febuari sampai Juni 2013

## 4.2 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan terdiri dari multimeter analog dan digital. Multimeter digunakan mengukur nilai komponen yang akan digunakan seperti resistor dan nilai tegangan keluaran rangkaian elektronika. Dalam pembuatan pembangkit getaran frekuensi rendah, komponen yang digunakan meliputi kapasitor, resistor, IC mikrokontroler, sensor *optocoupler*, dan komponen pendukung lainnya. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini diantaranya cakram, piston tempat kedudukan sensor getaran, dan bahan pendukung lainnya.

## 4.2 Desain Alat Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah

### 4.2.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek penelitian atau faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Perancangan pembangkit getaran frekuensi rendah menggunakan sensor optocoupler terdiri dari tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variael kontrol. variabel bebasnya adalah kecepatan motor DC. Variabel terikatnya adalah banyak putaran, sedangkan variabel kontrol adalah berupa komponen elektronika yang digunakan.

### 4.2.2 Model Penelitian

Berdasarkan masalah yang dikemukakan bahwa model penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimen laboratorium (*laboratory experimentation*). Dalam eksperimen ini dilakukan pengambilan data secara berulang, kemudian dianalisis, diambil kesimpulan, dan dilaporkan hasilnya.

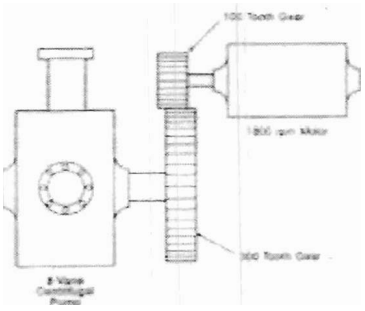
### 4.2.3 Rancangan Penelitian

4.2. 3.1 Rancangan Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah

Perancangan pembangkit getaran frekuensi rendah menggunakan sensor optocoupler memiliki batasan-batasan tertentu bergantung kepada komponen dan bahan yang digunakan. Komponen yang digunakan meliputi motor DC yang berperan sebagai *actuator*, yaitu suatu piranti yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanik.

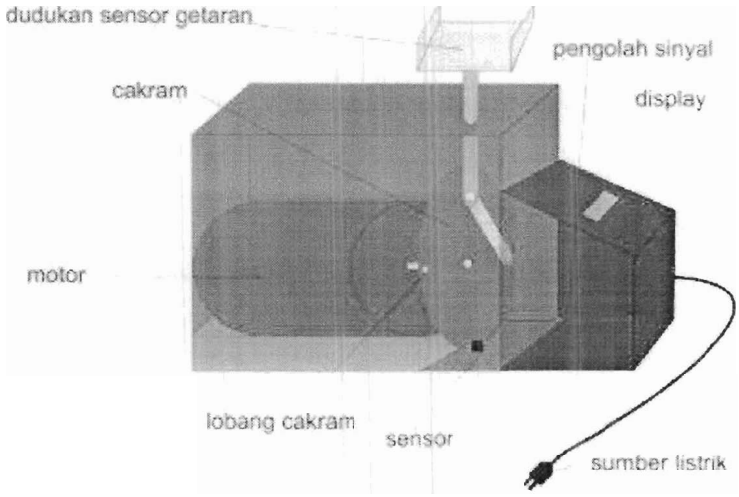
Pembangkit getaran frekuensi rendah ini dirancang bisa menghasilkan data yang akurat, sehingga harus memenuhi speseifikasi tertentu. Spesifikasi merupakan pendeskripsian secara mendetail produk hasil penelitian. Secara umum ada dua tipe spesifikasi yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain. Spesifikasi performansi mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem, spesifikasi performansi biasa disebut juga dengan spesifikasi fungsional.

Rancangan dan desain pembangkit getaran frekuensi rendah ini merujuk pada desain sistem mekanik pada Gambar 14



Gambar 14. *Typical mechanical system*
(Sumber: Goldman:1999)

Berdasarkan Gambar 14 dapat dilihat bahwa sistem mekanik terdiri dari motor, gear, dan 8 *vane centrifugal pump.* Sedangkan rancangan sistem pembangkit getaran frekuensi rendah menggunakan sensor *optocoupler* dapat dilihat pada Gambar 15



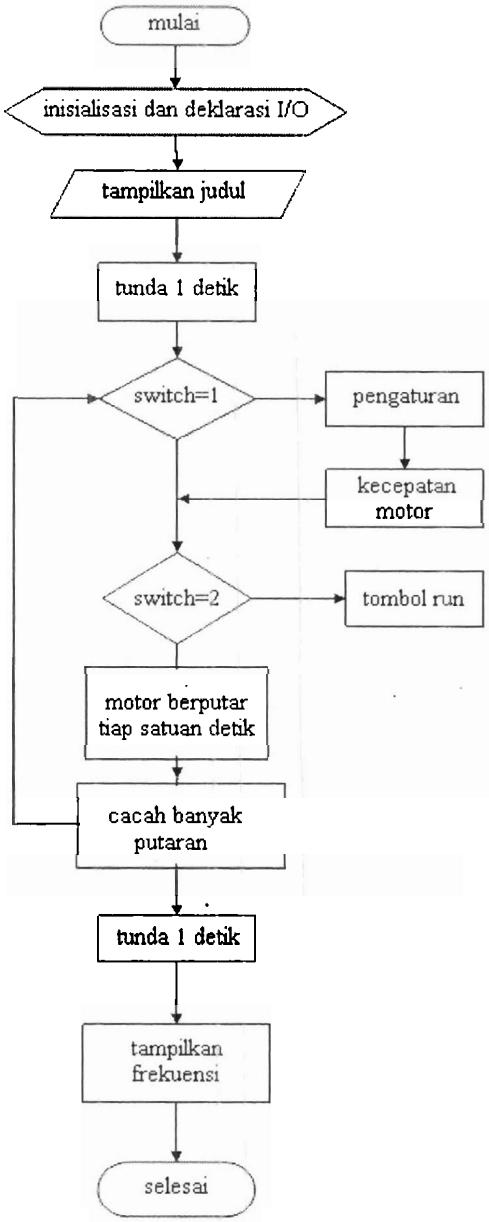

Gambar 15. Desain alat pembangkit getaran frekuensi rendah

Berdasarkan Gambar 15 dapat kita lihat bahwa pembangkit getaran frekuensi rendah ini memiliki sistem mekanik dan elektronik yang terpisah. Sistem mekanik diletakan pada sebuah *box* dengan ukuran dimensi 7x10 cm. sedangkan sistem elektronik diletakan pada *box* lain. Sistem mekanik dan elektronik alat ini dihubungkan oleh kabel-kabel penghubung. Kedua sistem ini sengaja dipisahkan agar getaran yang dihasilkan *actuator* tidak mengganggu kinerja dari komponen elektronika.

Mekanik dari alat ini terdiri dari sumbu penggetar yang akan bergerak naik turun, lengan penggetar yang berfungsi sebagai pendorong sumbu penggetar, roda gigi untuk memutar lengan penggetar dan motor DC yang berfungsi sebagai sumber untuk memutar roda gigi. Ketika motor DC dihidupkan maka motor DC akan memutar roda gigi. Roda gigi yang berputar menyebabkan lengan penggetar ikut bergerak. Lengan penggetar mendorong sumbu penggetar, mengakibatkan sumbu penggetar bergerak naik turun. Gerakan naik turun ini akan di deteksi oleh sensor *optocoupler* kemudian pulsa yang dihasilkan oleh sensor *optocoupler* akan dikirim ke mikrokontroller untk dicacah dan ditampilkan ke LCD.

4.2. 3.2 Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak dari sistem berupa *flowchart* dari program untuk mikrokontroler menggunakan bahasa C yaitu dengan menggunakan *software* Codevision AVR. Codevision AVR merupakan sebuah *complier* yang dilengkapi langsung dengan *downloader*, sehingga kita bisa langsung menanam program ke mikrokontroler. Sebelum membuat sebuah program terlebih dahulu harus membuat sebuah *flowchart*. *Flowchart* dari pembangkit getaran frekuensi rendah diperlihatkan pada Gambar 16




Gambar 16. *Flowchart*pembangkit getaran frekuensi rendah

Berdasarkan Gambar 16 dapat dijelaskan bahwa program yang akan ditanamkan pada mikrokontroler terdiri dari kotak keputusan I/O dan proses, diawali dengan mulai (on) dan selesai (off). Dari desain terlihat alur program pembangkit getaran frekuensi rendah.

## 4.3 Prosedur penelitian pembangkit getaran frekuensi rendah

Prosedur pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut: Langkah awal dari penelitian ini adalah merakit komponen yang telah ditentukan sesuai dengan instrumen yang telah dirancang dan memprogram mikrokontroler dengan bahasa pemograman Codevision AVR (Bahasa C). Untuk mendapakan data yang sesuai dengan tujuan penelitian dapat dikemukakan rancangan pengukuran dan pengukuran dalam penelitian. Adapun prosedur pengukuran dalam penelitian ini meliputi :

### 4.3.1 Penentuan Spesifikasi Peformansi Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah

Penentuan spesifikasi performansi pembangkit getaran dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi-fungsi setiap bagian pembentuk sistem, dilakukan dengan dua cara. Langkah pertama, melakukan pemotretan setiap bagian sistem pembangkit getaran frekuensi rendah. Kedua, menjelaskan fungsi-fungsi dari setiap bagian tersebut.

### 4.3.2 Penentuan Spesifikasi Desain Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah

a. Prosedur Menyelidiki Ketepatan dan Ketelitian Sensor *Optocoupler*
   1) Mengukur keluaran sensor menggunakan multimeter
   2) Membandingkan hasil keluaran sensor yang diukur menggunakan multimeter dengan data tegangan keluaran sensor yang ada pada datasheet.
   3) Menentukan presentase kesalahan sensor
b. Prosedur Menyelidiki hubungan Frekuensi dengan Tegangan Keluaran
   1) Menjalankan sistem pembangkit getaran frekuensi rendah dengan memfariasikan kecepatan putar motor.
   2) Mengukur tegangan masukan pada motor DC menggunakan multimeter
   3) Mencatat hasil pengukuran tegangan keluaran motor DC dan nilai frekuensi yang dihasilkan oleh instrumen
c. Prosedur Menyelidiki Hubungan frekuensi dengan Arus Keluaran

1) Menjalankan sistem pembangkit getaran frekuensi rendah dengan memfariasikan kecepatan putar motor getaran.
2) Mengukur tegangan masukan pada motor DC menggunakan multimeter
3) Mencatat hasil pengukuran tegangan masukan motor DC dan nilai frekuensi yang dihasilkan oleh instrumen

d. Ketepatan Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah
1) Menjalankan sistem pembangkir getaran frekuensi rendah dan dengan mengatur kecepatan putar motor.
2) Menghitung waktu dan banyaknya putaran pembangkit getaran menggunakan *scalercounter*.
3) Membandingkan hasil pengukuran dengan frekuensi yang terdapat pada LCD sistem pembangkit getaran

e. Ketelitian Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah
1) Mengatur sistem agar berkerja dengan baik
2) Membaca hasil pengukuran yang didapatkan oleh sistem
3) Melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali

**4.4 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengukuran besaran fisika yang terdapat dalam sistem pendeteksi gempa bumi berbasis *fluxgate* . Teknik pengukuran yang dilakukan yaitu secara langsung dan tidak langsung, pengukuran secara langsung artinya pengukuran yang tidak bergantung pada besaran-besaran lainnya. Pengukuran tidak langsung artinya pengukuran suatu besaran yang nilainya dipengaruhi besaran-besaran lain dan nilainya tidak langsung didapat. Data yang didapat secara langsung adalah banyaknya putaran dan waktu,

sedangkan data yang diperoleh secara tidak langsung adalah frekuensi osilasi yang dihasilkan alat.

### 4.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan, mengetahui tingkat ketepatan dan ketelitian dari suatu sistem pengukuran. Ketepatan (accuracy) merupakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil pengukuran terhadap harga sebenarnya. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai yang terlihat. Persentase kesalahan dapat ditentukan dari persamaan :

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{Yn - Xn}{Yn} \times 100\% \qquad (15)$$

$Yn$ = Nilai sebenarnya dan $Xn$ = Nilai yang terbaca pada alat ukur. Ketepatan pengukuran dari suatu sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan:

$$A = 1 - \left| \frac{Yn - Xn}{Yn} \right| \qquad (16)$$

Ketepatan relatif rata-rata dari sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan:

$$A\% = \left[ 1 - \left| \frac{Yn - Xn}{Yn} \right| \right] \times 100\% \qquad (17)$$

Pada persamaan A merupakan akurasi relatif yang sering dikenal dengan ketepatan.

Hasil pengukuran dinyatakan dalam $X + \Delta X$ kemudian dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, kesalahan mutlak dan relatif serta pelaporan hasil pengukuran. Nilai rata-rata pengukuran dinyatakan dengan:

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{n} Xn \qquad (18)$$

dimana Xn adalah nilai dari data ke-n dan n adalah jumlah total pengukuran. Ketelitian dapat diekspresikan dalam bentuk matematika sebagai berikut:

$$\text{Precision} = 1 - \left| \frac{Xn - \overline{Xn}}{\overline{Xn}} \right| \quad (19)$$

dimana; Xn = nilai dari pengukuran ke-n dan $\overline{Xn}$ = rata-rata dari set n pengukuran.

Untuk mengukur standar deviasi dapat digunakan persamaan:

$$\Delta X = \frac{1}{n}\sqrt{\frac{n\sum X_i^2 - \left(\sum X_i\right)^2}{n-1}} \quad (20)$$

Dari hasil pengukuran dapat dilihat seberapa besar kesalahan relatif pengukuran pada alat dengan menggunakan persamaan:

$$KR = \frac{\Delta X}{\overline{X}} \times 100\% \quad (21)$$

Untuk melaporkan hasil pengukuran terhadap suatu besaran dinyatakan dalam:

$$H = \overline{X} \pm \Delta X \quad (22)$$

Setelah data secara pengukuran dan perhitungan diperoleh maka data dapat diplot secara grafik agar berguna untuk mendapatkan hasil secara visual dalam melukiskan hubungan dua variabel yang diperoleh dari pengukuran atau perhitungan. Hal ini dapat dilakukan dengan memplot data pada koordinat XY menggunakan progran software pada PC. (Kirkup,L: 1994),Teknik umum yang digunakan untuk memplot data pada grafik XY yaitu variabel bebas pad sumbu X dan variabel teikat pada sumbu Y. Dari hasil pengolahan data tersebut akan didapat sebuah kesimpulan.

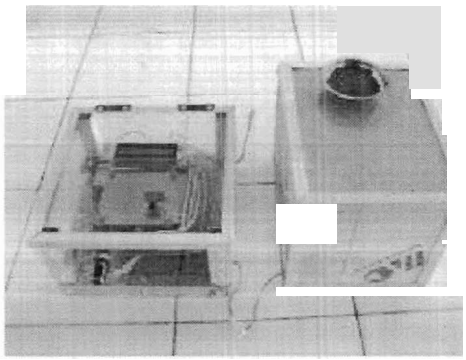
# BAB 5. HASIL YANG DICAPAI

Data yang dihasilkan melalui pengukuran memiliki arti penting dalam penelitian ini. Dari data yang didapatkan maka dapat digambarkan hubungan antara besaran bebas dan besaran terikat yang terdapat dalam sistem pembangkit getaran. Untuk menggambarkan hubungan antara besaran bebas dan besaran terikat tersebut dibutuhkan analisis data (pengolahan data).

Pengolahan data memberikan gambaran antara kesesuaian antara ketepatan dan ketelitian. Data dan pengolahan data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Dalam bab ini akan dikemukakan hasil analisis data dari sistem pembangkit getaran menggunakan sensor *optocoupler*.

## 5.1 Spesifikasi Performansi Pembangkit getaran

Pembangkit getaran merupakan suatu sistem sumber penggetar yang bekerja pada frekuensi tertentu. Sistem ini menggunakan motor DC sebagai *actuator*, yaitu piranti yang mengbah besaran listrik menjadi gerakan mekanik. Adapun bentuk fisik dari sistem pembangkit getaran terlihat pada **Error! Reference source not found.**

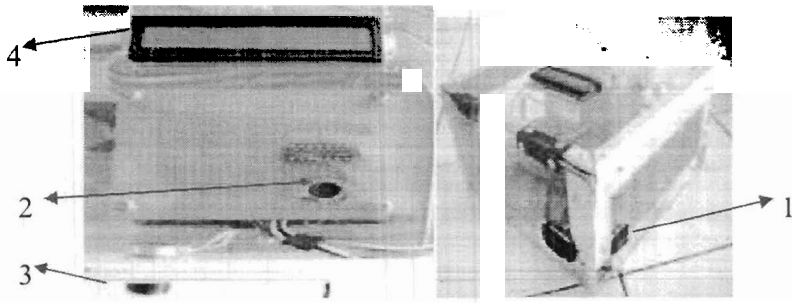


Gambar 17. Pembangkit getaran

Dari **Error! Reference source not found.** dapat terlihat bahwa pembangkit getaran teridiri dari dua *box*, dimana *box* pertama merupakan *box* rangkaian elektronika dan *box* kedua

merupakan *box* mekanik sistem. Sensor diletakan pada piringan cakram mekanik pada *box* kedua. Piringan ini terhubung dengan poros penggetar dan motor DC. Ketika motor DC berputar, maka akan mengakibatkan piringan berputar dan lengan penggetar bergerak vertikal.

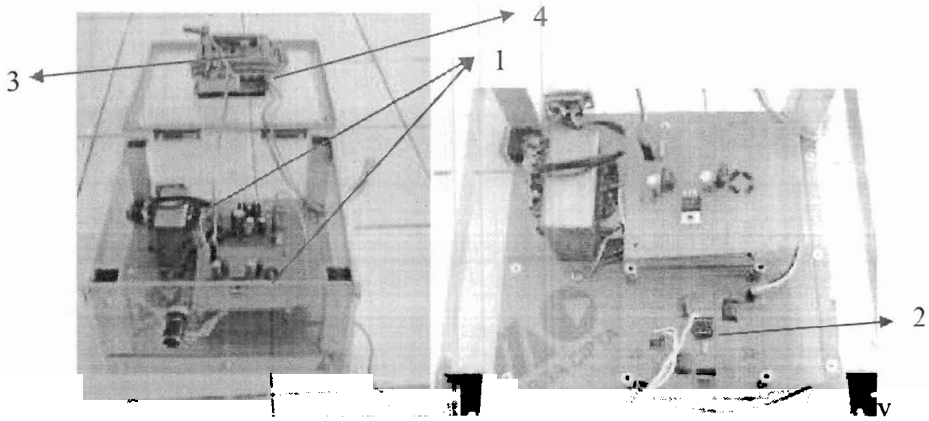
Pembangkit getaran terdiri dari I/O, dimana input berupa *push button* dan outputnya dalam bentuk karakter di LCD. LCD akan menampilkan banyak cacahan, waktu, dan frekuensi. Posisi I/O masing-masing dapat dilihat pada Gambar 18




Gambar 18. Komponen I/O pembangkit getaran

Dari Gambar 18 dapat dilihat bahwa input terdiri dari tombol *on/off* (1) berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan sistem, tombol *start/stop/reset* (2) yang berfungsi untuk memulai menjalankan sistem, untuk meberhentikan sistem dan mengembalikan pembacaan keposisi semula, *knop mixer (3)* berfungsi pengatur kecepatan motor dan LCD (4) berfungsi untuk menampilkan input.

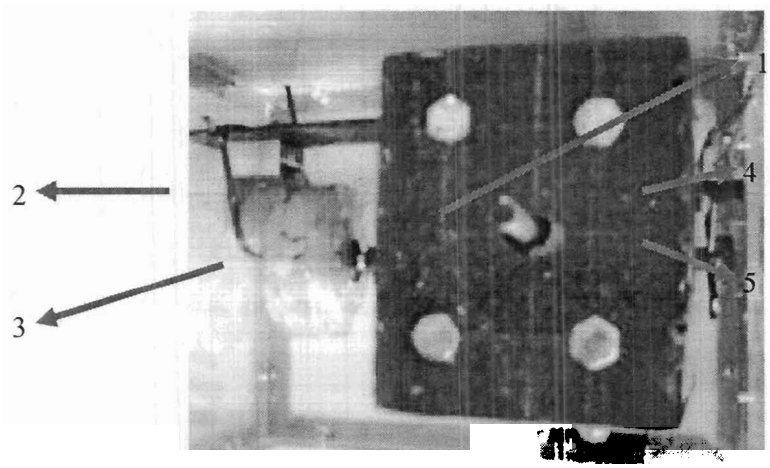
Pembangkit getaran ini terdiri dari rangkaian-rangkaian elektronika, rangkaian penusun sistem ini dapat dilihat pada Gambar 19



Gambar 19. Rangkaian penyusun pembangkit getaran

Dari Gambar 19 dapat dilihat rangkaian penyusun sistem pembangkit getaran yang ada didalam box. Rangkaian terdiri dari rangkaian catu daya(1) sebagai sumber arus, PWM (2) sebagai pengatur kecepatan motor DC, sistem minimum mikrokontroller (3) sebagai program atau otak dari sistem pembangkit getaran, dan rangkaian sensor optocopler (4).

Bagian mekanik atau box mekanik dari sistem pembangkit getaran ini terdiri dari beberapa komponen. Komponen-komponen penyusun mekanik pembangkit getaran dapat dilihat pada Gambar 20



Gambar 20. Sistem mekanik pembangkit getaran

Dari Gambar 20 dapat dilihat bahwa mekanik sistem terdiri dari tuas penggetar(1) yang berfungsi unuk mengubah gerakan melingkar menjadi gerakan verikal, motorDC (2) berfungsi untuk sumber penggerak (*actuator*), pembangkit torsi(3) berfungsi untuk memberikan torsi yang lebih bersar pada lengan penggetar, cakram(5) dan sensor optocoupler (4) untuk mencacah bayaknya putaran pembangkit getaran.

## 5.2 Spesifikasi Desain Sistem Pembangkit getaran

5.2.1 Ketepatan dan ketelitian dari sensor *optocoupler*

Sensor *optocoupler* memancarkan cahaya inframerah dari pemancar menuju penerima. Ketika diantara pemancar dan penerima terhalang oleh benda maka akan mengakibatkan tegangan keluaran sensor berubah. Tegangan tersebut dapat dilihat atau diukur menggunakan multimeter digital. Hasil pengukuran dari multimeter dapat dilihat pada tabel 1 lampiran 2.

Dari tabel dapat dilihat bahwa pada keadaan terhalang sensor memiliki tegangan yaitu 4,71 Volt , sedangkan saat pemancar dan penerima sensor tidak terhalang maka tegangan keluaran sensor menjadi 0.0065 Volt. Untuk tegangan keluaran sensor yang dituliskan pada datasheet mencapai 5 Volt, sedangkan yang didapatkan secara pengukuran adalah 4,71 Volt. Ketepatan dari sensor yang terpasang pada alat ini yaitu 94,2%. Perbedaan nilai yang didapat disebabkan pengaruh dari kabel sensor yang cukup panjang sehingga terjadi jatuh tegangan pada sensor

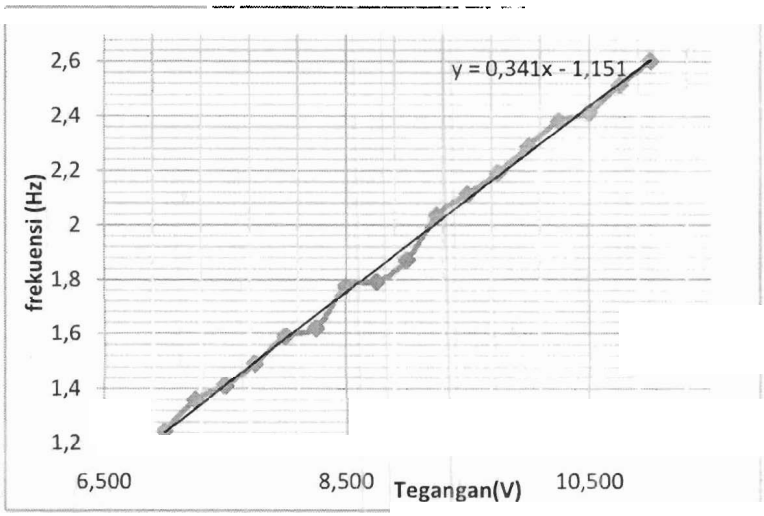
Untuk ketelitian sensor didapatkan dengan cara melakukan pengukuran berulang pada sensor baik pada saat terhalang maupun tidak terhalang. Saat pemancar dan penerima sensor *optocoupler* tidak terhalang ketelitiannya adalah 0.999, sedangkan pada saat terhalang ketelitian sensor adalah 0.892.



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

5.2.2 Hubungan tegangan keluaran motor DC dengan frekuensi

Hubungan antara tegangan keluaran pada motor DC dengan frekuensi ditunjukan pada Gambar 21




Gambar 21. Grafik hubungan tegangan terhadap frekuensi

Sumbu x pada Gambar 21 menyatakan tegangan keluaran dan sumbu y menyatakan frekuensi yang dihasilkan instrumen. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan keluaran motor DC maka semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena kecepatan putar motor DC sebanding dengan kenaikan tegangan.

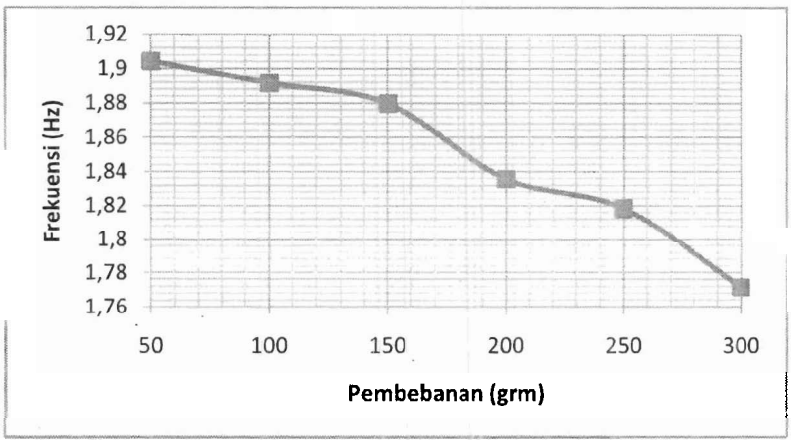
Hasil pengukuran memiliki grafik berbentuk garis lurus (linier), dengan persamaan :

Y=0.34x-1.151

Angka 0.34 menyatakan kemiringan garis lurus yang menyatakan kesensitifan perubahan tegangan terhadap kecepatan putar motor DC. Sedangkan angka 1.151 menyatakan kecepatan awal motor DC.

5.2.3 Pengaruh Pembebanan terhadap Frekuensi

Pengaruh pembebanan terhadap frekuensi dilakukan dengan memberikan variasi beban pada dudukan sensor pembangkit getaran, sehingga didapatkan pengaruh pembebanan terhadap frekuensi. Data pengaruh pembebanan terhadap frekuesi yang dihasilkan dapat dilihat pada lampiran 3 tabel 4. Grafik hubungan pembebanan terhadap frekuensi diperlihatkan pada Gambar 22



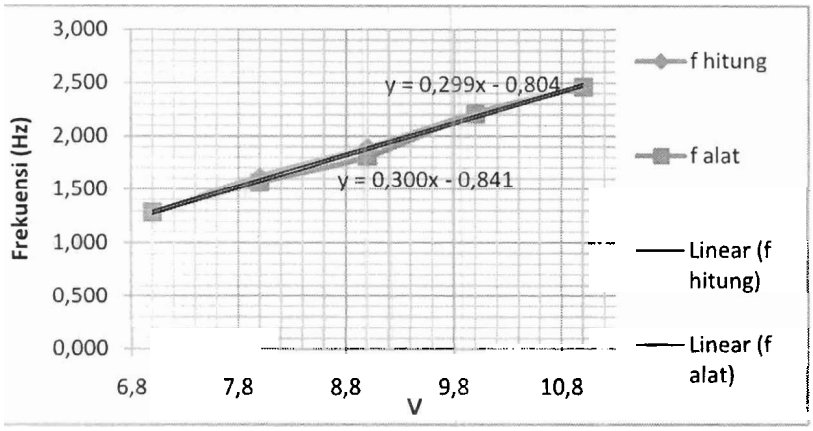

Gambar 22. Grafik hubungan pembebanan terhadap frekuensi

Gambar 22 merupakan grafik pengaruh pembebanan terhadap frekuensi pada tegangan tetap 9 Volt. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan pada pebangkit getaran maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pembebanan mengakibatkan putaran motor menjadi tidak konstan sehingga waktu pencacahan yang dibutuhkan menjadi semakin lama

5.2.4 Ketepatan sistem pembangkit getaran

Ketepatan pembangkit getaran ditentukan dengan membandingkan data pengukuran sistem dengan alat ukur standar. Melalui perhitungan dapat ditentukan nilai rata-rata, persentase

kesalahan, ketepatan relatif dan persentase ketepatan dapat dilihat pada tabel 3 lampiran 3. Grafik dari ketepatan pembangkit getaran dapat kita lihat pada Gambar 23




Gambar 23. Grafik ketepatan frekuensi

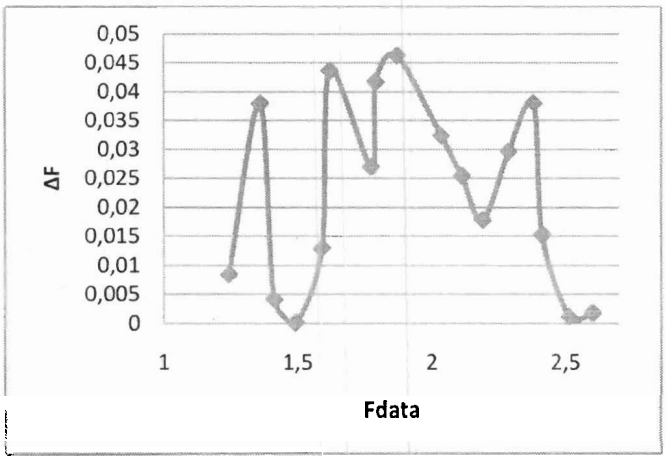
Dari Gambar 23 sumbu y menyatakan frekuensi dan sumbu x merupakan tegangan. Kita juga dapat melihat kurfa perbandingan antara frekuensi ukur dengan frekuensi hitung. Hasil pengukuran dan perhitungan membentuk persamaan garis lurus dimana persamaan pengukuran adalah y=0.299x-0,804 dan persamaan perhitungan adalah 0,3x-0,841. Persentase kesalahan berkisar antara 0% sampai 4.3289%. sedangkan ketepatan dari sistem pembangkit getaran berkisar antara 92% sampai dengan 99%.

5.2.5 Ketelitian sistem pembangkit getaran

Untuk ketelitian sistem pembangkit getaran dilakukan dengan cara melakukan pengukuran berulang yaitu sebanyak 10 kali pengukuran. Berdasarkan pengukuran dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase simpangan dan ketelitian. Berdasarkan data pengukuran berulang diperoleh hasil analitik statistik yang diperlihatkan dalam tabel 1 lampiran3.

Ketelitian rata-rata dari pembangkit getaran adalah 0.976, sedangkan kesalahan rata-ratanya adalah 0.019. ketelitian saat pengukuran tinggi sehingga pembangkit getaran memiliki ketelitian yang tinggi.

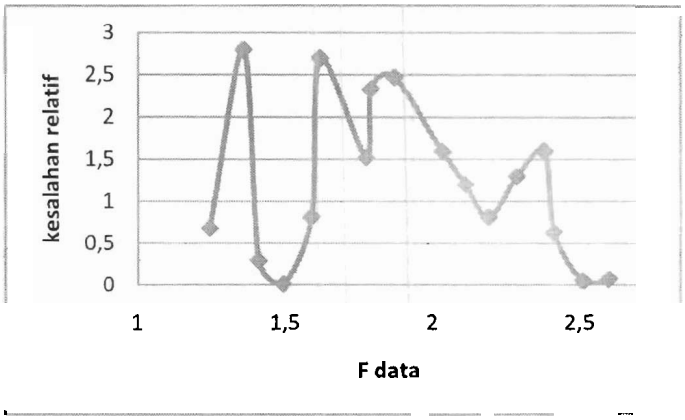
Kesalahan mutlak dari sistem pembangkit getaran frkuensi rendah dapat dilihat pada grafik Gambar 24




Gambar 24. Grafik Kesalahan mutlak pembangkit getaran

Dari Gambar 24 y merupakan kesalahan mutlak pembangkit getaran, x merupakan frekuensi yang tertera pada pembangkit getaran. Grafik berbentuk sinusoida dengan nilai kesalahan mutlak berkisar dari 0 sampai 0.046.

Kesalahan relatif sistem pembangkit getaran dapat dilihat pada grafik pada Gambar 25

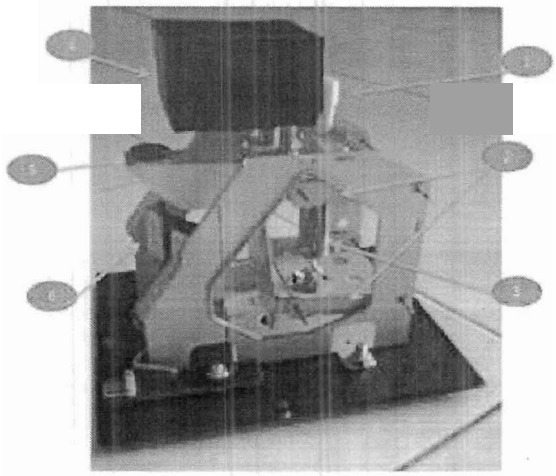



Gambar 25. Grafik kesalahan relatif

Dari Gambar 25 dapat dilihat bahwa sumbu y merupakan kesalahan relatif dan x merupakan data frekuensi yang dihasilkan alat ukur. Dari grafik dapat dlihat bahwa kesalaan relatif berkisar antara 0% sampai 2.793%

## 5.3 Spesifikasi Performansi alat ukur gempa bumi berbasis sensor *fluxgate*

Sistem alat ukur gempa bumi yang dirakit menggunakan prinsip sensor getaran dengan aplikasi pegas dan benda yang memiliki berat, jika digetarkan maka alat ini ikut bergetar sehingga merespon sensor fluxgate. Adapun bentuk fisik dari sistem alat ukur gempa ini terlihat pada Gambar 26.



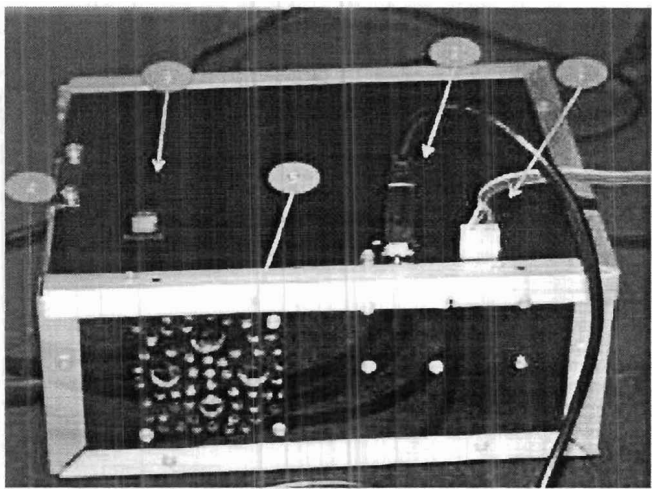
Gambar 26. Sistem mekanik Sensor *fluxgate*

Dari Gambar 26 terlihat sistem mekanik sensor *fluxgate* sistem mekanik ini nantinya akan menjadi tolak ukur getaran yang terjadi di permukaan bumi. Saat bumi bergetar maka sistem mekanik ini ikut bergetar sehingga sensor Fluxgate akan merespon getaran tersebut. Pada (1) merupakan Kalibrator yang berfungsi sebagai pengatur posisi center dari sensor jika terjadi penyimpangan, (2) merupakan lengan ayun terdiri dari sepasang lengan ayun bagian atas dan bawah, (3) adalah sebuah pegas sebagai 'osilator efek' akibat getaran dari bumi yang getaranya akan menjadi nilai acuan dari gempa yang terjadi, (4) adalah beban yang bertugas sebagai pemberat, (5) magnet berfungsi sebagai indikator yang akan direspon oleh sensor *Fluxgate* pada (6).

Saat gempa terjadi, jika ditinjau dari satu titik maka gelombang gempa itu membentuk pola getaran. Pola getaran yang terjadi diteruskan ke sistem mekanik alat sehingga benda yang terdapat pada sistem ikut bergetar, pergetaran ini sama dengan pergetaran dari magnet yang ada pada alat. Sensor *fluxgate* akan merespon magnet dari jarak magnet terhadap sensor, respon yang ditangkap akan diproses dengan modul pengolahan sinyal seperti yang terlihat pada Gambar 27

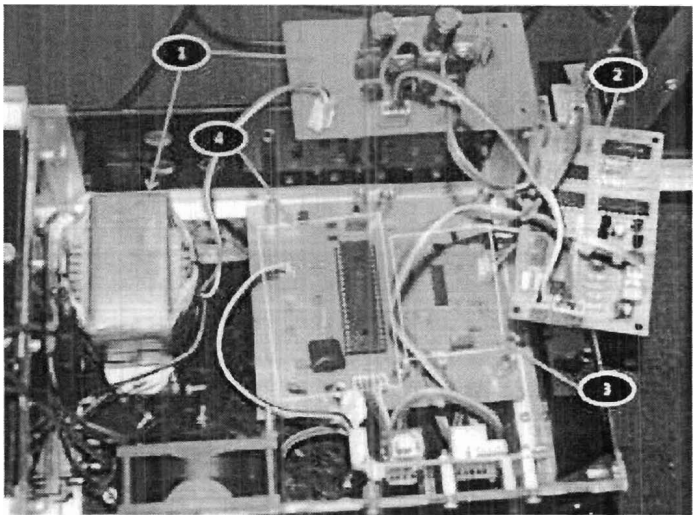


MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG



Gambar 27. Modul pengolahan sinyal

Gambar 27 merupakan modul pengolahan sinyal. pada modul ini pin-pin konektor dan kabel catudaya yang difungsikan sebagai pendukung dan penghubung sistem dari pengolahan sinyal. (1) merupakan pin konektor untuk sensor *fluxgate*,dan pin konektor ini juga dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler yang ada di dalam modul. (2) merupakan pin USB sebagai penghubung dari alat ke PC, melalui USB ini semua proses tranfer data hasil pengolahan sinyal terjadi. (3) saklar On/Off merupakan kontak saklar yang digunaka untuk mengaktifkan dan mematikan suplay listrik dari PLN. (4) pin konektor kabek PLN. (5) lubang udara untuk kipas pendingin (fun) pada modul pengolah sinyal, pendingin digunakan untuk menurunkan suhu pada sirkuit elektronika terutama pada sirkuit *power suplay*. Di dalam pengolahan sinyal terdapat sirkuit elektronika seperti yang terlihat pada Gambar 28.




Gambar 28. Sirkuit elektronika modul pengolah data

Gambar 28 merupakan bentuk bagian dalam modul pengolahan sinyal sensor *fluxgate*, pada (1) Merupakan sirkuit elektronika yang berfungsi sebagai *power suplay*, tegangan yang dihasilkan power suplay yang diberikan ±6 V dan ±12 V. Sistem sirkuit *power suplay* digunakan untuk pemberi tegangan pada modul sensor *fluxgate* dan pemberi tegangan untuk pengolah sinyal output dari modul sensor, sedangkan pada mikrokontroler *power suplay* diambil dari tegangan serial bus USB pada PC. (2) Merupakan rangkaian pengolah sinyal dari sensor *fluxgate*. Rangkaian pengolah sinyal ini terdiri dari rangkaian diffrensiator, detektor, buffer, sinkronisasi fasa, integtrator, dan penguat akhir. Pada pengolahan sinyal sensor bentuk keluarannya berupa tegangan yang telah dikuatkan oleh penguat. (3) Merupakan pengolah tegangan agar tegangan yang dihasilkan oleh pengolah sinyal dapar menjadi input ADC pada mikrokontroler. (4) Merupakan sistem mikrokontroler, mikro yang digunakan merupakan mikrochip bertipe PIC18F4550. Pada sistem ini tengangan yang telah diolah akan diubah kedalam bentuk tegangan digital dan dari mikrokontroler data tegangan digital dikirim ke PC melalui serial bus USB pada mikrokontroler.

## BAB 6. RENCANA TAHAPAN

Penelitian ini akan dilanjutkan dengan pembuatan mekanik pendeteksi gempabumi 1-D dengan memanfaatkan sistem pegas yang diaplikasikan pada sensor fluxgate. Sistem pendeteksi gempa akan disinkronkan dengan rangkaian elektronik dan dikalibrasi menggunakan pembangkit getaran yang telah selesai dibangun. Sistem yang akan dibangun berupa alat pendeteksi gempa bumi 1-D berbasis sensor fluxgate kemudian dikaraktrisasi, kalibrasi dan pengukuran di BMKG Padang Panjang. Lebih jelasnya rencana tahapan penelitian selanjutnya kami uraikan pada proposal tahap II.

# BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

## 7.1 Kesimpulan

Ketepatan sensor Optocoupler pada sistem pembangkit getaran frekuensi rendah adalah 94.4%, ketelitian sensor pada saat terhalang adalah 0.892 dan saat tidak terhalang adalah 0.999, dengan kesalahan relatif 0.29. Ketepatan rata-rata dari sistem pembangkit getaran frekuensi rendah adalah 0.98% dengan rata-rata kesalahan relatif adalah 1.885%. Ketelitian rata-rata dari sitem pembangkit getaran frekuensi rendah adalah 0.9776 dengan kesalahan relatif 0,9899%

## 7.2 Saran

7.2.1 Untuk rentangan frekuensi dan torsi yang lebih besar diperlukan pengatur kecepatan motor DC yang lebih baik lagi.

7.2.2 Orde pewaktu dalam pembangkit getaran frekuensi rendah masih dalam sekon, dibutuhkan penelitian lanjutan untuk membuat rentangan waktu dalam orde yang lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA


Afgianto, EP. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89S51/52/55 Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta : Gava Media

Anto Susilo, Mohtar Yunianto dan Viska Inda Variani. 2012. Simulasi Gerak Harmonik Sederhana dan Osilasi Teredam pada Cassy-E 524000. "Indonesian *Journal of Applied Physics*". Vol. 2 No. 2. Hlmn 124-127

Bolton, William. 2004. *Programable Logic Controller (PLC) Edisi 3*. Jakarta : Erlangga

Colmar Hinnrichs, et al. 2001. *Dependence of Sensitivity and Noise of Fluxgate Sensor on Racetrack Geometry*. Germany

Djamal, M., Yulkifli, A.Setiadi, R.N. Setiadi. 2010. "*Development of a Low Cost Vibration Sensor Based on Fluxgate Element.*" International conference of institute for Environtment, Engineering, Economics, and Applied Mathematics (IEEEAM): Itali.

Djamal, M., Yulkifli, A.Setiadi, R.N. Setiadi. 2010. *Development of a Low Cost Vibration Sensor Based on Fluxgate Element.* International conference of institute for Environtment, Engineering, Economics, and Applied Mathematics (IEEEAM): Itali

Goldman, Steve.1999. *Vibration Spectrum Analysis Second Edition.* New York : Industrial Press Inc.

Goldman, Steve.1999. *Vibration Spectrum Analysis Second Edition.* New York : Industrial Press Inc.

H. Grueger. 2000. *CMOS Integrated Two Axes Magnetic Field Sensors-Miniaturized Low Cost Systems With Large Temperature Range*. Germany

John, L. D. (1995). *Electronic Instrumen and Measurement Second Edition.* Prentice Hall International, inc.

Kirkup, L. 1994. *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. John Willey & Sons: Singapore

Malik, Moh Ibnu ST. 2006. *Pengantar Membuat Robot.* Yogyakarta : Gava Media

Malvino Barmawi. 1985. *Prinsip – prinsip Elektronika (Edisi Ketiga)*. Erlangga: Jakarta

Malvino, Albert Paul. 1999. *Prinsip-Prinsip Dasar Elektronika Jilid I*. Jakarta : Erlangga

Malvino, Albert Paul. 1999. *Prinsip-Prinsip Dasar Elektronika Jilid II*. Jakarta : Erlangga

McConnel, Kenneth G. 1995. *Vibration Testing Theory and Practice. United States of* America: John Wiley and Sons Inc.




MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

Muhamad Zamroni. (2006). *Kendali Motor DC Sebagai Penggerak Mekanik Pada Bracket Lcd Proyektor Dan Layar Dinding Berbasis Mikrokontroler AT89S51.* Universitas Diponegoro. Semarang

Pavel Ripka dan Alois Tipek. 2007. *Modern Sensors Handbook.* ISTE: United States.

Purwana Ibnu. 2010. *Manual Baru Praktik Stasiun Pengamatan Seismologi [MBPS$^2$] jilid 1A.* Jakarta: P.D.Hobie Karya.

Sutrisno. (1999). *Elektronika Teori dan Penerapan.* Bandung : ITB.

Sutrisno. 1987. *Elektronika Teori dan Penerapan 2.* ITB : Bandung.
Sutrisno. 1999. *Elektronika Teori dan Penerapan.* ITB: Bandung.

Suyatno, et al. 2008. "*Desain dan Pengembangan Fluxgate Magnetometer dan Beberapa aplikasinya.*" Jurnal Fisika Dan Aplikasinya (volume 4, nomor. 1 Januari 2008). Hlm. 1-4.

W.Gopel, et al. 1989. *Sensors, A Comprehensive Survey Magnetic Sensors.* VCH Publihers Inc. Suite.

Wandy Praginda. 2008. "*Desain Awal Fluxgate Magnetometer menggunakan Kumparan Sekunder (Pick-Up Coil) Ganda Sebagai Penentu Posisi Benda (Tracking Position) Dalam Tiga Dimensi.*" Tesis, ITB: Bandung.

Yulkifli, Hufri, Djamal. M. 2011. "Desain Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Fluxgate". *Jurnal Otomasi, kontrol, dan instrumetasi.* (Nomor 2 tahun 2011). Hlm. 7-13

Yulkifli. 2010. "*Pengembangan Elemen Fluxgate Dan Penggunaannya Untuk Sensor-Sensor Berbasis Magnetik Dan Proksimiti.*" Disertasi, ITB: Bandung.

Yulkifli. 2011. *Sensor Fluxgate dan Aplikasinya* . STAIN : Batusangkar

Lampiran 1. Artikel Ilmiah

1. Draft Paper untuk di summit ke **Journal of Mathematical and Fundamental Sciencies**

**(Formerly ITB Journal of Science)**

# Design of Low Frequency Vibration Generator As Seismic Sensor Calibrator with Optocoupler Counter

Yulkifli[1], Ahmad Fauzi[2], M. T. Gunawan[3], Yoggy Refiyon[4], Devi Sidiq[5]
[1] Department of Physics, State University of Padang, Padang, Indonesia
(Tel : +62-813-6341-3004; E-mail: yulkifliamir@yahoo.com)
Department of Physics, State University of Padang, Padang, Indonesia
(Tel : +62-812-6641-580; E-mail:af@gmail.com)
[3] BMKG Padang Panjang, Padang, Indonesia
(Tel : +62-813-1169-8843; E-mail:)
[4] Department of Physics, State University of Padang, Padang, Indonesia
(Tel : +62-852-7852-7158; E-mail: refiyonyoggy@gmail.com)
[5]Department of Physics, State University of Padang, Padang, Indonesia
(Tel : +62-823-9283-1201; E-mail:dewatayuna@gmail.com)

**Abstract- Sensor is important component in measuring and controlling system. Several sensor use high technology to fabrication for example is vibration sensor. This case make vibration sensor have high price and seldom in the market. Because of that many researcher develop it so that got a sensor with low piece and good characteristic. To get a good characteristic of vibration sensor required a low frequency vibration generator as sensor calibrator. This paper is to explain the performance and design specification from low frequency vibration generator as seismic sensor calibrator with optocoupler count. Base of low frequency vibration generator analysis, obtained that range of frequency is 1.2-2.6 Hz with measurement accuration is 94.4% and average error is 0.95.**

**Keyword: vibration generator, low-frequency, seismic sensor, calibrator, optocopler counter**

## I. INTRODUCTION

Expand of natural science inseperable from electronic technology. Electronics technology produces sophisticatedly electronic components like sensor, transducer or in the other products. Sensor is a primary tool used in the measurement system or control system[1]. From a sensor can be built a system that works automatically and is able to analyze the phenomena that occur in the nature. Sensors are used to construct a measurement or control system varies, according to the quantity that can be sensing by sensor. Vibration sensor is a sensor used to convert vibration into electrical signals[2].

Vibration detection system is able to provide vibration parameters that detected by sensor. Through this information can provide an early warning to prevent fatal damage effect of vibration. Vibration detection system is required to detect vibration and engine work analysis, vibration power bridge analysis, building strength vibration analysis, and earthquake. Special tools for earthquake Require vibration measure with low frequency.

Vibration detector using variety of sensors and other devices that response a vibration. Several sensors that can be used is geophone sensors, piezoelectric,

accelerometer, and etc. Material in sensor fabrication generally is semiconductor, optic materials, and metal. This material need high technology to create become a sensor, while in Indonesia don't have that technology yet. It is make the cost of sensor are expensive and seldom in the market. Because of that need to develop vibration sensor, so obtained a sensor with low cost and good characteristic. To get a good characteristic of sensor needed variety of test equipment, calibrator, and vibration generator.

Low-frequency vibration generator instrument is a device that produces low-frequency mechanical vibration, one of this is earthquake vibration. Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta said that dominant earthquake frequency is low frequency, ranging from 1 to 5 Hz[16]. To identify and quantify low frequency vibration earthquake required vibration measuring instruments. But, the problems to design it is low frequency vibration generator is not available .

Previous research, we have develop basic design vibration generator with horizontal mechanical. Based measure, fluxgate able to detect frequency in 0.14 until 1.15 Hz with absolute error is 0.017 Hz.

Low-frequency vibration generator can be designed using tools such as vibrator source. Vibrator source uses a DC motor as actuator and optocoupler sensor as counter. DC motors or direct current motor is an electric machine that converts direct current electrical energy into mechanical energy [13]. DC motors are used because of its speed can be varied so that it can be used to regulate the frequency. In addition DC motors also have high torque, linear performance, and simpler control system [10].

Optocoupler sensor is used as a rotation speed counter that can be convert to vibration frequency. Sensor optocoupler readily available and the price is not expensive, it also small size, light weight, lower current consumption, and on of faster switching. optocoupler sensor can be seen in Figure 1

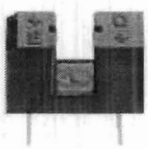


**Figure 1. Physical shape sensors optocoupler**

Based on scheme in Figure 1 can see that the optocoupler sensor has four legs. 1st and 2nd leg is the current supply to activate the infrared LED. 3rd and 4th legs are the collector and emitter, output of the optocoupler sensor. When 1st and 2nd leg give current supply infrared LED will be activated and emits infrared light in to phototransistor at receiver. Infrared light triggers phototransistor base area so that current flows from the collector to the emitter.

When the transmitter and receiver blocked, phototransistor off so output logic is HIGHT. Conversely, when transmitter and receiver is not blocked then the phototransistor will be on and output logic is LOW.

Output signal of sensor will be input to microcontroller. microcontroller is a microprocessor technology breakthroughs and new technology semiconductor transistor with a lot of content, but only requires a small space and can be produced by many [1]. Microcontroller used in this research is a microcontroller ATMega 8535. It consists of a microcontroller 40 pin with the pin configuration shown in Figure 2

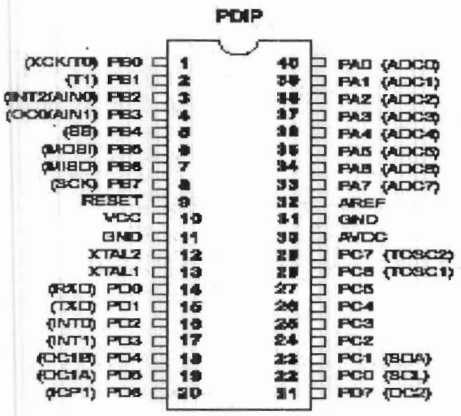



**Figure 2. Pin microcontroller ATMega 8535**

Data from microcontroller displayed in LCD display. LCD provides several advantages compared to other devices to display a data, among other things, saving, lightweight, and the design process is relatively easy. LCD available today consists of graph LCD and text LCD. Grap LCD capable of displaying data in image form, while text LCD will display text characters. LCD

text commonly used is 2x16 (2 rows x 16 rows), 2x20 and 4X20. LCD are shown in Figure 3

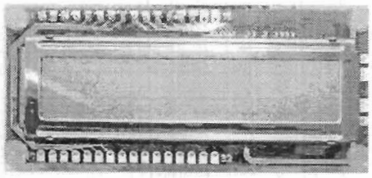


**Figure 3. Physical form LCD**

Power supply is a very important equipment because electronic equipment requiring DC voltage to operate. Power supply is base circuit to converts AC voltage into DC voltage [12]. To get the regulated DC voltages required 78xx and 79xx regulator IC. Is a positive regulator IC 78xx with xx volt voltage, and IC 79xx is a negative regulator that produces a voltage xx volts [12].

Based on the above and the advantages of the optocoupler sensor research title is " Design of Low Frequency Vibration Generator as Seismic Sensor Calibrator With Optocoupler Count ".

The goal of this research is to explain the performance specifications and design specifications of the Low Frequency Vibration Generator as Seismic Sensor Calibrator With Optocoupler Count.

## II. RESEARCH METHOD

This research was conducted in laboratory of instrumentation Electronics, Department of Physics, State University of Padang. The research was conducted in October 2012 to July 2013.

### 1. Hardware design

The design of Low Frequency Vibration Generator as Seismic Sensor Calibrator with Optocoupler Count has certain limitations depending on components and materials used. Components that used include a DC motor that acts as an actuator, which is a device that converts electrical signals into mechanical motion.

Low frequency vibration generator is designed to produce accurate data, so it must to complete certain specification. Specification is a detailed description of the research product. Generally there are two types of specifications, design specifications and performance specifications. Performance specifications is to identify the functions each of the components form the system, while design specifications also called the functional specification. The design Low Frequency Vibration Generator as Seismic Sensor Calibrator With Optocoupler Count can be seen in Figure 4 [17]

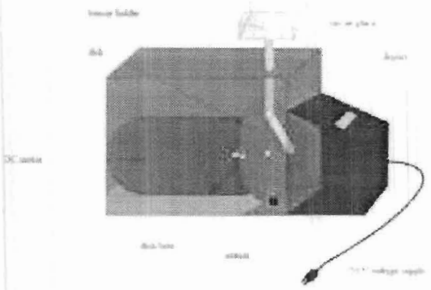


**Figure 4. Design of Low Frequency Vibration Generator as Seismic Sensor Calibrator With Optocoupler Count**

Based on Figure 5, can seen that the low-frequency generator vibration has separate mechanical and electronic systems. Mechanical systems are placed in a box with dimensions 20x13 cm. while the electronic system placed in another box. Mechanical system and electronic system is connected by connecting cables. Both of these systems were deliberately separated so that the resulting vibration actuator does not interfere with the performance of the electronic components.

### B. Software design

Software design of the system is sown in a flowchart. Microcontroller program use C language using codevision AVR software. Codevision AVR is a direct Complier equipped with a downloader, so that we can embedded the program directly to the microcontroller. Flowchart is important before making a program. Flowchart of low-frequency vibration generating are shown in Figure 5

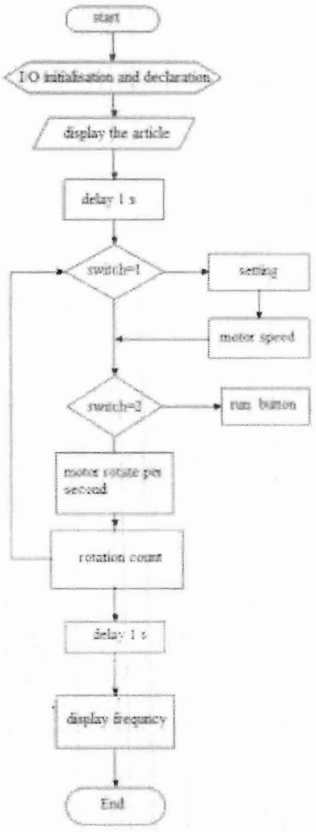



**Figure 5. Flowchart of low frequency vibration generator**

Based on Figure 6 can be explained that the program will be embedded in the microcontroller consists of a box-making I / O and process, beginning with the start (on) and finish (off).

Determine the accuracy and thoroughness of the system using the theory of errors. The percentage of error can be determined from the equation:

$$\%\ \text{Error} = \frac{Yn - Xn}{Yn} \times 100\%$$

where; Yn = actually value Xn = the value read on

The measurement accuracy of a measurement system can be determined by the equation:

$$A = 1 - \left| \frac{Yn - Xn}{Yn} \right|$$

The average relative accuracy of the measurement system can be determined by the equation:

$$A\% = \left[ 1 - \left| \frac{Yn - Xn}{Yn} \right| \right] \times 100\%$$

In the equation A is the relative accuracy of the commonly known with accuracy[6].

The measurement results can be expressed in a specified average value, standard deviation, and the relative and absolute error reporting measurement results. The average value of the measurement is given by:

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{n} Xn$$

where Xn is the value of the data to-n and n is the total number of measurements. Accuracy can be expressed in mathematical form as follows:

$$\text{Pr}ecision = 1 - \left| \frac{Xn - \overline{X}n}{\overline{X}n} \right|$$

where: Xn = the value of the n-th measurement and = the average of a set of n measurements.

## III. RESULTS AND DISCUSSION

Data generated through the measurement has significance in this research. From the data obtained, we can describe the relationship between free and bound variable. To illustrate the relationship between free variable and bound variable needed data analysis (data processing).

Data analysis was performed on the low-frequency vibration generating system includes sensor characteristics, PWM output voltage relationship of the adjustments are, as well as the accuracy and thoroughness of generating low-frequency vibration.

### A. Performance specifications of low frequency vibration generator

Low-frequency vibration generating is a vibration source that works on a specific frequency. This system uses a DC motor as an actuator. Actuator devices is change the electrical quantities into mechanical motion. The low frequency vibration generator is shown in Figure 6

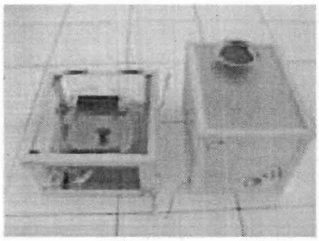


Figure 6. low-frequency vibration Generator

Based on Figure 7 can be seen that the low-frequency vibration generating comprised of two boxes, the first box is a box where the electronic circuit and the second box is a box of mechanical systems. Sensors placed on disc mechanical disc. This disc is connected to the DC motor shaft and vibrator. When the DC motor rotates, it will result in rotating disc and vibrating arm moves vertically.

Vibration generator consists of I / O, where a push-button input and output in the form of the characters on the LCD. LCD will show a lot of chopped, time, and frequency. Position I / O of each can be seen in Figure 7

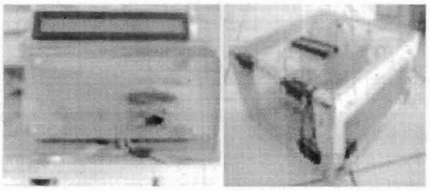


Figure 7. Component I / O power low-frequency vibration

Based on Figure 7, it can be seen that the input consists of the on / off (1) that is to turn on and off the system, the start / stop / reset (2) which serves to start the running system, to stop system and restore the original position readout, knob mixer (3) the motor speed control function and LCD (4) to display input.

Low frequency vibration generator is composed of electronic circuits, circuit of this system can be seen in Figure 8

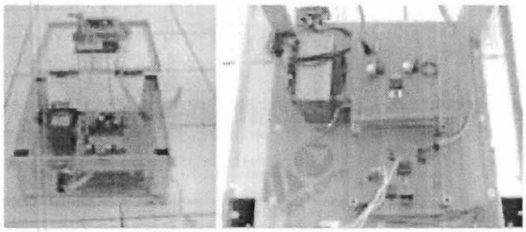


Figure 8. Series of low-frequency vibration generating constituent

Based on Figure 8 can be seen making up a series of low-frequency vibration generating system that is inside the box. The circuit consists of a power supply circuit (1) as a current source, PWM (2) as a DC motor speed control, microcontroller minimum system (3) as the brains of a program or a low-frequency vibration generating systems, and optocopler sensor circuits (4).

Mechanical box of low-frequency vibration generating system consists of several components. Constituent components of low-frequency mechanical vibration generator can be seen in Figure 9

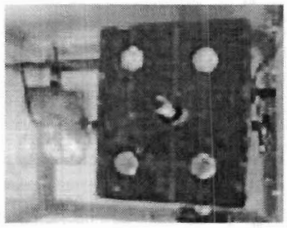


Figure 9. Mechanical systems low-frequency vibration generator

Based on Figure 9, it can be seen that the mechanical system consists of a vibrating lever (1) that functions transform transformation circular motion into vertical motion, DC motor (2) function for the driving source (actuator), torque driver (3) serves to provide more big torque on vibrating sleeve, disc (5) and optocoupler sensor (4) for chopping round amount of low frequency vibration generator.

B. Accuracy and precision of optocoupler sensor

Optocoupler sensor emits infrared light from the transmitter to the receiver. When the transmitter and receiver is blocked by obstacles it will cause the sensor output voltage changes. The voltage can be seen or measured using a digital multimeter. When blocked the

voltage of sensor is 4.71 volts, when not blocked the output voltage of sensor is 0.0065 volts. In the datasheet out[ut sensor is 5 volts, while the measurement was obtained 4.71 Volt, so the accuracy of the sensor is 94.2%. Difference value obtained due to the influence of the sensor cable is long enough so that the voltage drop occurs in the sensor.

For the sensor accuracy is obtained by means of repeated measurements on both the sensor when blocked or not blocked. When the transmitter and receiver is not blocked thoroughness optocoupler sensor is 0.999, whereas when the sensor is blocked thoroughness 0892.

C. relationships between DC motor input voltage with frequency

Relationship between the input voltage DC motor with frequency is shown in Figure 10

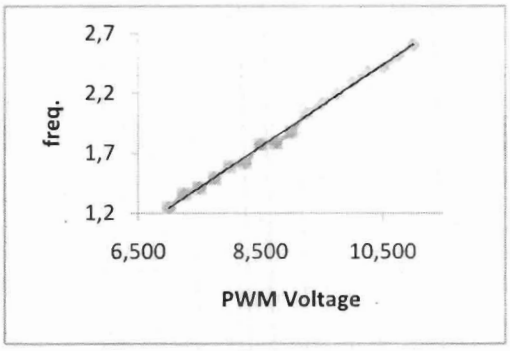



**Figure 10. Relationship graph of the voltage and frequency**

The x-axis in Figure 10 is voltage and y-axis is instruments frequency. From the graph it can be seen that increase of voltage make the frequency more higher too.

The measurement results have straight-line graphs (linear), with the equation:

$$f = 0.34V - 1.51$$

0.34 states is line expressed sensitivity to changes in voltage DC motor speed. While the 1.151 is initial frequency.

D. Low-frequency vibration generating accuration

Low-frequency vibration generating accuration is determined by comparing the measured data with a standard measuring system.

Graphs of precision low-frequency vibration generator can be seen in Figure 11

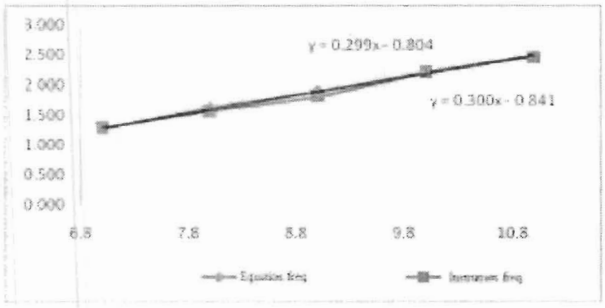



**Figure 11. Graphs frequency accuracy**

Based on Figure 11, the y-axis is frequency and the x-axis is voltage. We also can see the comparison between the frequency curve measured by frequency count. Results of measurements and calculations forming a straight line equation is the measurement equation where f = 0.299V-0, 804 and the calculation equation is f = 0.3 V-0, 841. Percentage error ranged from 0% to 4.3289%. while the accuracy of the vibration generating systems ranged from 92% to 99%.

E. Low frequency vibration generator. Precision

Low-frequency vibration generating precision by performing repeated measurements of as many as 10 times of measurement. Can be determined by measuring the average value, standard deviation, percentage deviation and accuracy

Average accuracy of low frequency vibration generating is 0.976, while the average error is 0.019. High accuracy when measuring low-frequency vibration so that the plant has a high accuracy.

Absolute error of low frequency vibration generating system can be seen in Figure 12

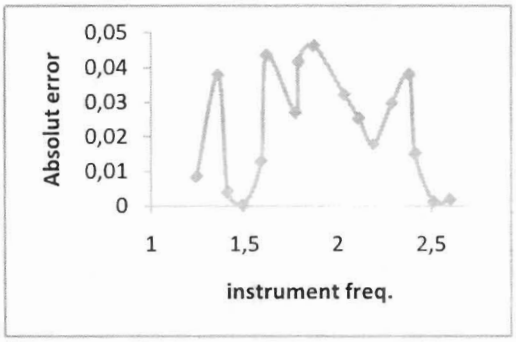



**Figure 12. Graph of absolute error low-frequency vibration generator**

Based on Figure 12, y is an absolute mistake low frequency vibration generator, x is the frequency indicated on generating low-frequency vibration. Sinusoidal-shaped graph with absolute error values ranging from 0 to 0.046.

Errors are relatively low-frequency vibration generating system can be seen in the graph in Figure 13

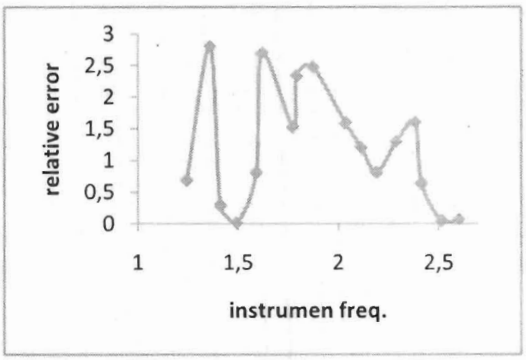



**Figure 13. Graphs of relative error**

Based on Figure 13, it can be seen that y-axis is a relative error frequency and x is the data generated gauge. From the graph it can be seen that the relative error ranged from 0% to 2.793%

Previous develop is direct usage of low frequency vibration generator to see output characteristic from earthquake detector 1st dimension based fluxgate sensor. System sown in Figure 14

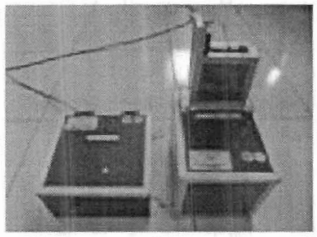


**Figure 14. Earthquake detector with low frequency vibration generator**

Base output characteristic of earthquake detector obtained vibration data, it shown in Figure 15

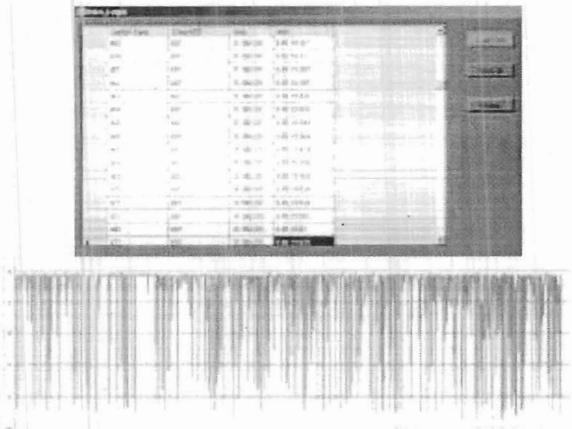


**Figure 15. output of earthquake vibration detector**

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to thank the Indonesian Government, Department of National Education, for its financial support in a form of Hibah Strategis Nasional Program undergrant No. 388A/UN.35.2/PG/2013//

## IV. CLOSING

Based on the results of the testing and analysis of Low Frequency Vibration Generator as Seismic Sensor Calibrator With Optocoupler Count that has been done, it can be drawn a few conclusions:

1. Performance specifications of low frequency vibration generator system is composed of two box, the mechanics and electronics box, and have the function of I / O and LCD like button and display.

2. Specification design of low-frequency vibration generator are sensor precision, relationship of voltage and frequency, accuracy, and precision. accuracy of low frequency vibration is 94.4%, the precision of the sensor is obstructed during 0.892 and 0.999 when there is unobstructed, with a relative error is 0.29. Relationship of Voltage and frequency of low-frequency vibration generator system is directly proportional to the linear graph approach. This means that the greater the voltage generated, the greater the resulting frequency. Average accuracy of the low-frequency vibration generator system is 0.98% with an average relative error was 1,885%. Average accuracy of low-frequency vibration generating is 0.9776 with a relative error of 0.9899%

## REFERENCES


[1] Yulkifli, 2011: Sensor Fluxgate, STAIN Press ISBN No. 978-602-8887-13-7

[2] Yulkifli:2010: Pengembangan Elemen Fluxgate dan dan Pengunaannya untuk Sensor-sensor berbasis proksimiti. Disertasi S3 ITB

[3] Afgianto, EP. , 2002. Learning AT89S51/52/55 Microcontroller Theory and Applications. Yogyakarta: Gava Media

[4] Anto Susilo, Mohtar Yunianto and Viska Inda Variani. 2012. Simulation of Simple Harmonic Motion and Damped Oscillations in Cassy-E 524000. "Indonesian Journal of Applied Physics". Vol. No. 2. 2. Hlmn 124-127

[5] Bolton, William. , 2004. Programable Logic Controller (PLC) Issue 3. New York: McGraw

[6] Djamal, M., Yulkifli, A.Setiadi, R.N. Setiadi. 2010. Development of a Low Cost Vibration Sensor Based on fluxgate Element. International conference of the Institute for Environtment, Engineering, Economics, and Applied Mathematics (IEEEAM): Italy

[7] Goldman, Steve.1999. Vibration Spectrum Analysis Second Edition. New York: Industrial Press Inc..

[8] John. L. D. (1995). Electronic Instruments and MeasurementSecond Edition. Prentice Hall International, inc.

[9] Malik, Mohammad Ibn ST. 2006. Introduction to Making Robots. Yogyakarta: Gava Media

[10] Malvino, Albert Paul. , 1999. Basic Principles of Electronics Volume I. New York: McGraw

[11] Malvino, Albert Paul. , 1999. Basic Principles of Electronics Volume II. New York: McGraw

[12] McConnell, Kenneth G. , 1995. Vibration Testing Theory and Practice. United States of America: John Wiley and Sons Inc..

[13] Muhammad Zamroni. (2006). DC Motor Control For Mechanical Drive In Bracket Wall Lcd Projector And Screen-Based Microcontroller AT89S51. Diponegoro University. Semarang

[14] Sutrisno. (1999). Electronics Theory and Application. Bandung: ITB.

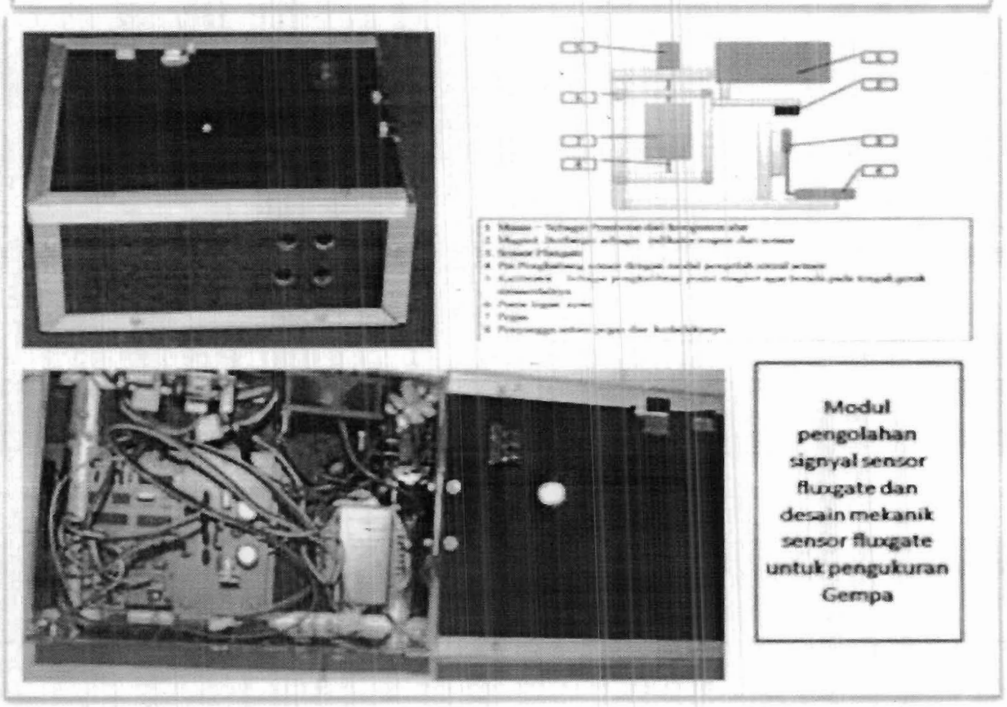
[15] Yulkifli, Hufri, Djamal, M. , 2011. "Design of Low Frequency Vibration Sensor Based fluxgate." Journal of Automation, Control, and Instrumentasi, No. 2 pp. 7-13

[16] Anonim.2006. *Gempa Vulkanik*. http://bos.fkip.uns.ac.id/pub/pembelajaran/bahan%20belajar%20e-dukasinet/produksi%202006/pengetahuan%20populer/Fenomena%20Alam/Gempa%20Vulkanik%20(Final)%20-%20upload/.htm. 10 Mei 2006

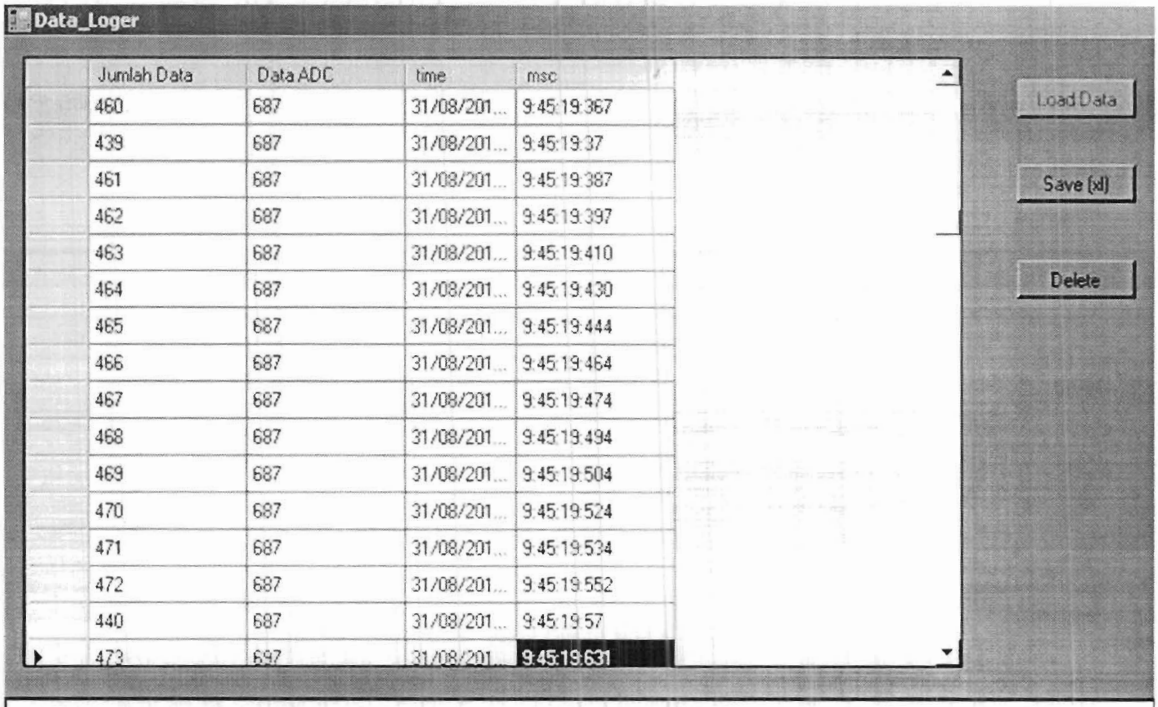
[17] Refiyon, Yoggy, 2013. Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah menggunakan Sensor Optocoupler. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Padang.Padang

Lampiran 2. Produk Penelitian

Alat Pembangkit getaran yang akan digunakan dalam pengujian alat ukur gempa bumi yang telah dirancang



Modul pengolahan signyal sensor fluxgate dan desain mekanik sensor fluxgate untuk pengukuran Gempa




**Bentuk data mentah yang dihasilkan oleh sensor gempa saat pengujian awal terhadap alat. Data tersebut ditampilkan dengan menggunakan software aplikasi yang dibuat dengan bahasa C#**

Lampiran 3. Judul Skripsi Mahasiswa Yang Terlibat

**Proposal Penelitian**

# Pembuatan Prototipe Alat Ukur Getaran Gempa Bumi *Real Time* PC Menggunakan Sensor *Fluxgate*


*Oleh :*

**DEVI SIDIQ**

**NIM. 12755**


**Kelompok Bidang Kajian**

**ELEKTRONIKA DAN INSTRUMENTASI**


**JURUSAN FISIKA**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**


**2013**

# PEMBANGKIT GETARAN FREKUENSI RENDAH MENGGUNAKAN SENSOR OPTOCOUPLER

**SKRIPSI**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu*

*Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*


**OLEH**

**YOGGY REFIYON**

**12794/2009**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

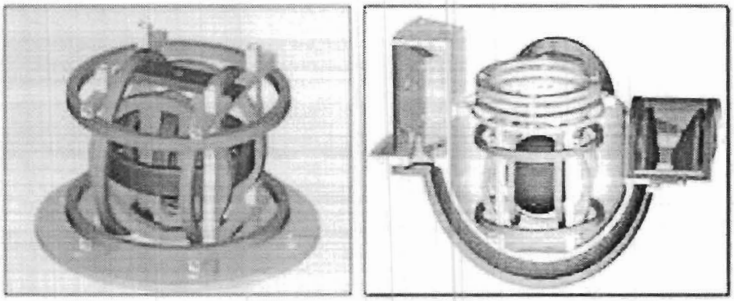
**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**


**2013**

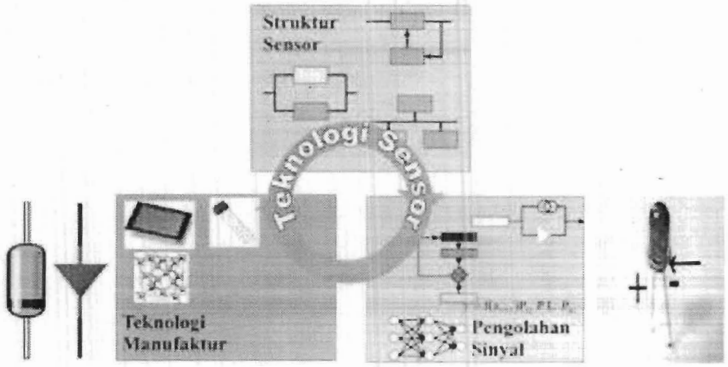
Lampiran 4. Draf Buku Referensi/ Buku Ajar

**DRAFT BUKU**

# SENSOR *FLUXGATE DAN BEBERAPA APLIKASINYA*



**Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si.**



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....ii

DAFTAR ISI .....iii

DAFTAR LAMPIRAN.....v

DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI .....vi

DAFTAR TABEL.....xi

BAB I. Pendahuluan.....1

Bab II. Teknologi Sensor .....7

II.1. Sensor, Aktuaktor, dan Transduser .....7

II.2. Sensor Magnetik .....8

II.2.1. Sensor Efek Hall .....10

II.2.2. Sensor Anisotropic Magnetoresistance (AMR) .....11

II.2.3. Sensor Giant Magnetoresistance (GMR) .....12

II.2.4. Sensor Giant Magnetoimpedance (GMI) .....13

Bab III. Sensor Fluxgate dan Perkembangannya .....14

III.1. Elemen Sensor Fluxgate .....14

III.2. Fluxgate dan Perkembangannya.....17

III.3. Prinsip Dasar Pengukuran Fluxgate.....23

III.4. Prinsip Kerja Fluxgate.....24

III.5. Penentuan Faktor Demagnetisasi.....32

III.6. Pembuatan Elemen Fluxgate dengan Cara Konvensional.....34

III.7. Rangkaian Pengolah Sinyal Fluxgate.....37

III.7.1. Rangkaian Eksitasi.....38

III.7.2. Rangkaian Pick-up .....47

III.8. Kalibrator Sensor Magnetik .....50

III.8.1. Kalibrator dengan Kumparan Solenoida.....50

III.8.2. Kalibrator dengan Kumparan Helmholtz.....51
III.8.3. Kalibrator Berupa Kumparan Helmholtz.....53
Bab IV. Parameter Yang Mempengaruihi Keluaran Sensor Fluxgate.....57
IV.1. Jumlah Lilitan Eksitasi.....57
IV.2. Pengaruh Jumlah Lilitan Pick-up.....59
IV.3. Pengaruh Jumlah Lapisan Inti Feromagnetik .....63
IV.4. Konfigurasi Ukuran dan Jenis Material Inti .....66
A. Variasi lilitan pick-up dengan ukuran inti berbeda.....66
B. Variasi lilitan pick-up dengan jenis inti berbeda. .....68
IV.5. Pengaruh Perubahan Temperatur Lingkungan Keluaran Sensor.....70
BAB V. Aplikasi Sensor Fluxgate .....73
V.1 Desain Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Fluxgate .....73
V.2 Desain Alat Hitung Kecepatan Sudut Berbasis Sensor Magnetik Fluxgate .....75
V.3 Sensor Magnetik Fluxgate Sebagai Alat Ukur Muai Panjang .....79
V.4 Pembuatan Alat Ukur Medan Magnetik Batuan Berbasis Sensor Fluxgate .....82
V.5 Desain dan Pembuatan Alat Ukur Medan Magnetik Pasir Besi Berbasis Sensor fluxgate .....85
V.6 Pembuatan Sensor Fluxgate Dengan Metode Printed Circuit Boards (PCB) .....89
V.7 Pembuatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital Berbasis Sensor Fluxgate .....94
DAFTAR PUSTAKA .....97
LAMPIRAN .....105
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....111

Lampiran 5. Draft Paten

Yulkifli
Universitas Negeri Padang
Email: yulkifliamir@yahoo.com
Hp: 081363413004

**Deskripsi**

**SENSOR MAGNETIK *FLUXGATE* UNTUK MENGUKUR GETARAN**

**Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan penggunaan sensor fluxgate untuk mengukur getaran dengan teknik pengukuran tidak langsung. Lebih khusus invensi ini mengukur getaran dengan prinsip proksimiti dan magnetik menggunakan elemen sensor *fluxgate.*

**Latar Belakang Invensi**

Getaran adalah gejala mekanika dinamik yang mencakup periode gerak osilator di sekitar posisi referensi atau berupa gerakan bolak-balik yang digambarkan sebagai amplitudo atau simpangan terjauh dari titik setimbang. Getaran atau vibrasi adalah salah satu aspek pengoperasian yang sangat diperhatikan pada mesin-mesin industri (Goldman, 2000). Amplitudo dan frekuensi vibrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan mesin. Kondisi ini selain membutuhkan waktu perbaikan cukup lama dan biaya yang mahal, juga mengakibatkan kerugian karena mesin tidak beroperasi. Mesin-mesin industri vital memerlukan instrumen pengukuran amplitudo dan laju perubahan yang mampu memperingatkan operator mesin untuk mencegah pengoperasian mesin

pada daerah kerja yang tidak aman serta dapat menghentikan operasi mesin bila daerah kerja aman terlewati (Azhar, dkk., 2006). Untuk mendeteksi getaran suatu objek dengan memanfaatkan informasi getaran diperlukan sensor getaran dengan resolusi tinggi (Poyhonen, dkk., 2003).

Sensor getaran yang sering digunakan dalam industri adalah *piezoelectric, capacitance, null-balance, strain gage, resonance beam, piezoresistive dan magnetic induction,* saat pengukuran sensor-sensor tersebut harus menempel di objek yang akan diamati getarannya (kontak dengan objek). Sensor-sensor ini harganya sangat mahal dan susah untuk di dapatkan.

Beberapa Paten sebelumnya yang alat ukur geteran adalah paten no. ID 0 021 804 yang berjudul "Sensor Getaran Menggunakan Koil Datar". Paten ini mengungkap penggunaan koil datar untuk mengukur getaran seperti pada. Metode yang digunakan pada paten tersebut adalah prinsip pegas lengan yang diberi beban. Beban sekaligus berfungsi sebagai objek pengganggu. Kemudian di depan objek diletakkan koil datar. Paten lain adalah Amerika Serikat yaitu dengan nomer paten US 5,555,222 yang mempunyai aplikasi serupa tapi menggunakan prinsip berbeda dengan koil datar. Pada paten ini digunakan 3 pegas sebagai pendeteksi getaran.

Sensor *fluxgate* sebagai salah satu dari sensor magnetik merupakan sebuah sensor yang dapat dibuat dengan proses sederhana memiliki ukuran kecil, kebutuhan daya rendah, rentang

pengukuran cukup lebar, mempunyai sensitivtias dan resolusi tinggi sehingga dapat diaplikasikan secara luas seperti alat ukur magnetik/elektromagnetik, pemetaan, karakterisasi batuan, navigasi (kompas), biomagnetik dan ruang angkasa (Ripka, P., dkk., 2003: Ioan, C., dkk., 2002: Kaluza, F., dkk., 2003: Ando, B., dkk., 2006). Kelebihan lain sensor *fluxgate* adalah kestabilan yang tinggi terhadap temperatur (Ripka, P., dkk., 2001: Liu, S., dkk., 2006).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya sensor *fluxgate* dengan resolusi < 10 nT, kemampuannya dalam mendeteksi medan magnetik lemah ±20 uT (Djamal, dkk., 2006a dan Yulkifli, dkk., 2009) dan pengukuran jarak orde kecil dengan resolusi 260 μm (Yulkifli, dkk., 2007), maka sangat terbuka peluang untuk mengaplikasikannya menjadi sensor getaran. Perubahan posisi objek akan menyebabkan berubahnya medan magnet objek tersebut, perubahan inilah yang dijadikan sebagai prinsip dasar aplikasi sensor *fluxgate* menjadi sensor getaran, terutama getaran dengan amplitudo kecil.

Paten sebelumnya oleh Jepang dengan no ID 56-153903 yang berjudul "Device For Measuring Engine Vibration" yang mempunyai aplikasi untuk mengukur getaran mesin tanpa kontak dengan mesin menggunakan *fluxgate* sebagai sensornya.

**Uraian Singkat Invensi**

Objek yang dihasilkan dalam invensi ini adalah pengembangan penggunaan elemen *fluxgate* untuk pengukuran getaran dengan

proses sederhana dan harga murah, namun tetap memberikan hasil yang baik dan ukuran yang kecil.

Aplikasi terhadap getaran dilakukan dengan teknik pengukuran tidak langsung. Pengukuran getaran dengan teknik langsung sangat ditentukan oleh karakteristik penggetar yang digunakan seperti panjang lengan (l) dan massa objek penggetar (m). Berdasarkan karakterisasi diperoleh frekuensi natural sekitar 38-40 Hz. Untuk menghindari frekuensi resonansi analisis data pengukuran dibagi atas dua bagian yaitu 25-38Hz dan di atas 42-48 Hz. Berdasarkan model pendekatan matematika yang dipilih diperoleh kesalahan relatif 4,39% untuk daerah di bawah frekuensi resonansi dan 5,06% untuk daerah diatas frekuensi resonansi.

**Uraian Singkat Gambar**

Agar invensi dapat dijelaskan sepenuhnya, maka perwujudan invensi akan diuraikan secara terperinci dengan mengacu pada gambar-gambar yang menyertai, dimana:

Gambar 1. Desain mekanik sensor getaran menggunakan *fluxgate* sesui dengan invensi ini

Gambar 2. Prinsip kerja *fluxgate* sebagai sensor getaran sesuai dengan invensi ini.

**Urain Lengkap Invensi**

Mengacu pada Gambar 1, yang memperlihatkan bentuk mekanik sistem sensor getaran menggunakan elemen sensor fluxgate. Sensor

*fluxgate* hanya dapat mendeteksi material atau bahan yang mempunyai sifat magnetik (ferromagnetik)(3). Material magnetik akan digetarkan oleh lengan pengetar (cantilver) yang dalam invensi ini terbuat dari bahan dengan elastisitas yang tinggi yaitu Cupprum berilium (CuBe) dalam invesni ditandai dengan nomor (2). Jika objek bergerak mendekati atau menjauhi detektor, maka medan magnetik disekitar titik setimbang akan mengalami perubahan, perubahan ini disebut fluk magnetik ($\Phi$). Perubahan fluk magnetik bergantung pada posisi sensor terhadap objek. Getaran objek oleh lengan pengetar akan mengakibat terjadinya osilasi disekitar elemen sensor fluxgate(6), getaran yang terjadi akan menyebabkan perubahan simpangan (amplitudo) atau osilasi. Osilasi yang terjadi akan di deteksi oleh elemen fluxgate (1 dan 10) dalam bentuk perubahan jarak (8). Untuk menghindari pengaruh medan magnetik luar terhadap pengukuran maka rumah sensor (5) dibungkus dengan pelindung (shielding) magnetik (4).

Medan magnet yang diterima maupun yang dihasilkan akan mengalami perubahan ketika tejadi perubahan jarak. Medan magnet yang dihasilkan oleh target ini nantinya akan disuperposisikan dengan medan magnet reffernsi. Hasil superposisi tersebut akan diubah menjadi ggl induksi oleh kumparan *pick-up*. Karena besarnya intensitas Medan magnet yang diterima oleh sensor berubah terhadap jarak (9), maka perubahan amplitudo getaran yang terjadi akan berakibat pada perubahan tegangan yang dihasilkan oleh sensor fluxgate (10). Ini berarti bahwa ggl yang terjadi merupakan fungsi jarak antara sensor dengan target (V(x)) dalam invensi ini di tunjukkan Gambar (11).

Sinyal getaran yang keluar dari sistem pengolah sinyal merupakan sinyal analog dan masih lemah, makan diperlukan penguat sinyal berupa amlifier (12). Sinyal ini merupakan tegangan keluaran sebagai fungsi dari waktu. Tegangan keluaran

sensor *fluxgate* berbanding lurus dengan posisi benda sehingga dengan melakukan Transformasi Fourier frekuensi FFT (13) dan amplitudo getaran dapat langsung diketahui (14). Sinyal analog dari sensor langsung dihubungkan dengan komputer melalui port audio input. Hal ini dapat dilakukan karena karakteristik sinyal getaran mirip dengan sinyal audio pada umumnya. Perbedaan antara keduanya hanya pada frekuensinya saja. Perangkat lunak berperan mengolah sinyal yang sudah masuk ke komputer agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Perangkat lunak yang digunakan adalah LabVIEW 8.0 produk dari National Semiconductor. Sinyal analog dari sensor langsung dihubungkan dengan komputer melalui port audio input. Hal ini dapat dilakukan karena karakteristik sinyal getaran mirip dengan sinyal audio pada umumnya.

**Klaim**

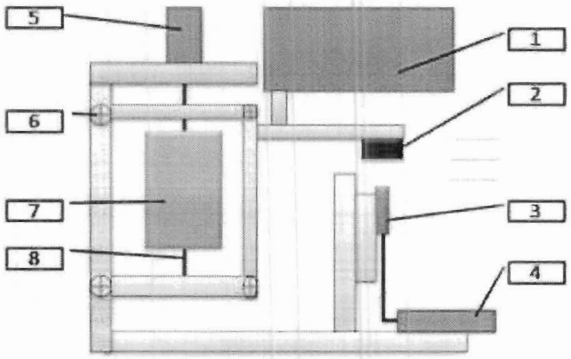
1. Pengukuran getaran dilakukan dengan menggunakan elemen *fluxgate (1)*. Elemen *fluxgate* yang digunakan merupakan pegembangan yang dilakukan sendiri oleh inventor.
2. Pengukuran getaran yang dilakukan dengan prinsip magnetik dan proksimiti dengan gerakan osilasi cantilever (2)
3. Pengukuran getaran dilakukan dengan metode pengukuran tidak langsung.
4. Metode tidak langsung dilakukan dengan menggunakan sebuah lengan pengetar dengan panjang *l* yang mempunyai elastisitas yang tinggi. Pada salah satu ujung bebas lengan penggetar di pasang benda magnetik bermassa *m* dengan ukuran kecil yang berguna sebagai objek yang dianggap mewakili getaran objek. Untuk metode ini fluxgate dapat mengukur frekuensi 10 Hz sampai 56 Hz dengan frekuensi resonansi 40 Hz.

## Abstrak

**SENSOR MAGNETIK *FLUXGATE* UNTUK MENGUKUR GETARAN**

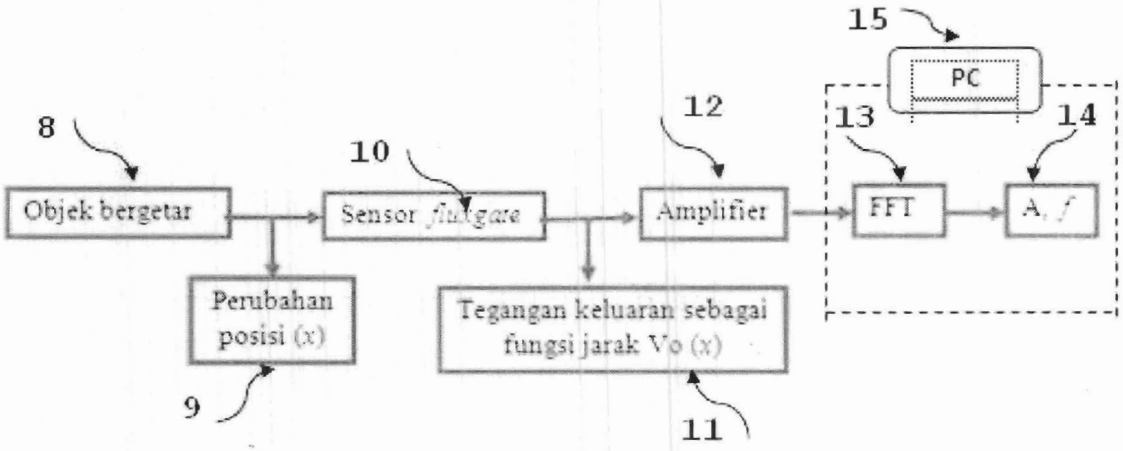
Invensi ini berkaitan dengan sebuah alat untuk mengukur getaran. Lebih kusus ivensi ini mengukur getaran menggunakan sensor magnetik *fluxgate* dengan prinsip proksimiti dan magnetik. Prinsip proksimiti berdasarkan perubahan jarak yang terjadi antara elemen sensor *fluxgate* dengan objek magnet yang bergetar diujung lengan cantilver, sedangkan prinsip magnetik berdasarkan perubahan flukmagnetik yang terjadi disekitar simpangan getarar.

Invensi ini memiliki komponen yaitu sensor fluxgate untuk mengubah perubahan jarak yang menghasilkan perubahan medan magnetik menjadi sinyal tegangan analog sinusioda, pengolah sinyal untuk mengubah sinyal tegangan analog sinusoida menjadi sinyal tegangan analog DC, pengubah tegangan analog-digital, yang mengubah sinyal tegangan analog menjadi sinyal tegangan digital dan komputer yang memiliki perangkat lunak, yang dapat mengolah sinyal tegangan digital menjadi nilai amplitudo dan frekuensi getaran obyek yang diukur serta menampilkannya pada layar monitor.




1. Massa = Sebagai Pemberat dari komponen alat
2. Magnet Berfungsi sebagai indikator respon dari sensor
3. Sensor Fluxgate
4. Pin Penghubung sensor dengan modul pengolah sinyal sensor.
5. Kalibrator = Sebagai pengkalibrasi posisi magnet agar berada pada tengah gerak sinusoidalnya.
6. Poros legan ayun
7. Pegas
8. Penyangga antara pegas dan kedudukanya

Gambar 1. Desain Instrumen Pengukur Getaran




Gambar 2. Algoritma Instrumen Pengukur getaran

Lampiran 6. Surat Undangan dari Kyoto University

1. Bukti Rencana Presentasi di Kyoto University jepang

**(Rencana Ini batal dikarenakan Ketua Peneliti Sakit)**

To : Professor.Dr. Lutfi, M.S
Dean of the Faculty of Mathematics and Natural Science
Padang State University,
Jl. Prof Dr Hamka Airtawar Padang, 25131

Dear Prof. Lutfi
I am, Junji Kiyono, Professor of Earthquake and Lifeline Engineering, Kyoto University. Based on your letter number 1417/UN35/PP/2013 on visiting to our laboratory for your presentation and discussion on 21st of November 2013, I would like to inform you that I accept with my pleasure. I hope this meeting will provide good contribution to our relationship and collaborative research in near future.

Kyoto, 5th November 2013

Your sincerely

J. Kiyono

Junji Kiyono
Professor
Department of Urban Management
Graduate School of Engineering
Kyoto University

2. Surat Izin ke Luar Negeri

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**
Jl. Prof. Hamka Air Tawar Padang 25131 Telp. 7051260 Fax. 7055628
E-mail unppdg@indosat.net.id Home Page:http://www.unp.ac.id

Nomor : 1418 /UN35/PP/2013 1 Agustus 2013
Lamp. : -
Hal : Rekomendasi Surat Izin Ke Luar Negeri

Kepada Yth. Direktur Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI
Gedung D Lantai 5 Jl. Jenderal Sudirman
Pintu I Senayan, Jakarta

Dengan hormat,
Dengan ini kami sampaikan kepada Saudara bahwa dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang namanya tercantum di bawah ini:

| No. | Nama | Jurusan | Pangkat/Gol. | Bidang Ilmu |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si | Fisika | Penata/ III.c | Geofisika Terapan |
| 2 | Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si | Fisika | Penata/ III.c | Fisika |
| 3 | Dr. Hamdi, M.Si | Fisika | Penata Tk.I/III.d | Fisika Lingkungan |
| 4 | Dr. Yulkifli, M.Si | Fisika | Penata/ III.c | Fisika Instrumentasi |

akan melakukan kunjungan ke Earthquake and Lifeline Engineering Laboratorium, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Kyoto pada tanggal 20 s.d 22 November 2013 dalam rangka peningkatan kompetensi bagi dosen FMIPA Universitas Negeri Padang dalam bidang mitigasi bencana, dan juga akan menyeminarkan Hasil Penelitian Hibah Kompetensi pada Seminar *the 11th SEGJ International Symposium* di Yokohama pada tanggal 18 s.d 20 November 2013.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas kami minta bantuan Saudara untuk dapat mengeluarkan surat izin kunjungan ke Earthquake and Lifeline Engineering Laboratorium, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Kyoto Jepang.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerja sama Saudara di ucapkan terima kasih.

Rektor,

Prof. Dr. Phil Yanuar Kiram
NIP 19570101 198403 1 004

Tembusan:
1. Kepala Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri (BKLN)
2. Pembantu Rektor I dan IV
3. Dekan FMIPA UNP

*In = izin luar negeri dosen fmipa13*

TÜV
Certified Management System
DIN EN ISO 9001:2008
Cert. No. 01 100 095665

3. Surat izin Kunjungan Ke ELE Lab. Kyoto University

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**
Jalan Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131
Telp. Rektor (0751) 7053902 Fax. (0751) 7055628
E-mail: info@unp.ac.id

Number : 1417 /UN35/PP/2013
Attachment : -
Subject : **Visiting ELE Lab. Kyoto University**

**Padang, 1 August 2013**

***Professor Junji Kiyono***
***Graduate School of Engineering C1-146,***
***Kyoto University***
***Kyoto daigaku-Katsura, Nishikyo-ku,***
***Kyoto 615-8530***

Dear Prof. Junji,

I am delighted to inform you that I ask some of my lecturer to improve their capacity on earthquake and disaster mitigation. They are,

| No | Name | Department | Background |
|---|---|---|---|
| 1 | Dr. Ahmad Fauzi, M.Si. | Physics | Applied Geophysics |
| 2 | Dr. Ratnawulan, M.Si. | Physics | Physics |
| 3 | Dr. Hamdi, M.Si. | Physics | Physical Environmental |
| 4 | Dr. Yulkifli, M.Si. | Physics | Physical Instrumentation |

I know you are a Professor from *Earthquake and Lifeline Engineering Laboratory, Graduate School of Engineering, Kyoto University* who can share to us the knowledge of earthquake and disaster mitigation. With that reason, I plan to send that lecturers to visit your laboratory around 20 to 22 November 2013. The aims of visiting are to see the facility of laboratory and to know more about earthquake and disaster mitigation.

Hopefully, you and your colleagues can approve my lectures. To get permit from government secretary, I would like to ask you give an invitation letter to all of that lecturers.

Thank a lot for your help.

Yours sincerely,

Prof. Dr. Phil. Yanuar Kiram
Rector of The State University of Padang

4. Foto Copy Visa

5. Tiket

Travel Itinerary

CHECK-IN STEP BY STEP

*Check-in via web, kiosk, mobile or check-in counter

Ensure checked baggage is within the pre-booked weight

Bag Drop counter closes 45mins/1 hr* before departure

Clear immigration and/or security as early as possible

Boarding gate closes 20mins before departure

Have a pleasant flight

**Booking Details**

Booking Number: AF466E

| | |
|---|---|
| Booking Date | Sat 18 May 2013 |
| Name | AHMAD FAUZI BIN BURHANUDDIN |
| Address | JL ANGGREK 49 KOMPLEKS UNP AIRTAWAR PADANG, 25131, Indonesia |
| Contact | 6281266415[illegible] (mobile) |
| Email | afz_id@yahoo.com |

**Guest Details**

1. MR YULKIFLI AMIR

**Flight Details**

| Flight | Departing | Arriving |
|---|---|---|
| D7522 ECONOMY PROMO | Kuala Lumpur (KUL) Kuala Lumpur (LCC Terminal) Sat 16 Nov 2013, 1446 hrs (2:45PM) | Tokyo (HND) Haneda Sat 16 Nov 2013, 2300 hrs (11:00PM) |
| D7523 ECONOMY PROMO | Tokyo (HND) Haneda Sat 23 Nov 2013, 2350 hrs (11:50PM) | Kuala Lumpur (KUL) Kuala Lumpur (LCC Terminal) Sun 24 Nov 2013, 0640 hrs (6:40AM) |

In-flight services on next page

Travel Itinerary

BIG — Be a BIG Shot. Join AirAsia BIG Loyalty Programme

More than details, tours & activities AirAsiaGo.com

Hate the call centre? Then AskAirAsia.com

AirAsia Insure — We've got you covered!

Exclusive sale updates — Be an AirAsia member now!

AirAsia Mobile — Connect with us whenever you are!

**In-Flight Services**

| Guest | ASR | Kuala Lumpur → Tokyo | ASR | Tokyo → Kuala Lumpur |
|---|---|---|---|---|
| MR YULKIFLI AMIR | 228 | CHECK-IN BAGGAGE 15KG | 228 | CHECK-IN BAGGAGE 15KG |

**Fare Rules**

ECONOMY PROMO

- Booking purchased under this fare type:
- Is ALLOWED to do a flight change up to 48 hours prior to the scheduled departure time subject to a change fee chargeable per passenger per sector, plus any fare difference applicable.
- Is NOT allowed to do a name change.
- Is capacity controlled and limited and hence, may not be available on all flights.
- Is always subject to our General Terms and Conditions of Carriage & Fee Schedule (if applicable).



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PA...