PENGELOLAAN BENCANA

LAPORAN AKHIR TAHUN III

HIBAH STRATEGIS NASIONAL

DESAIN DAN PEMBUATAN SISTEM PENDETEKSI GEMPA BUMI BERBASIS FLUXGATE

Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun

Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si./NIDN: 0002077306 (Ketua)

Yohandri, M.Si, Ph.D/NIDN: 0025077807 (Anggota)

Rahmat Triyono, ST, M.Sc/NIDN: (Anggota)

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

DESEMBER 2015

HALAMAN PENGESAHAN HARUS DIGANTI DENGNA YANG BARU

RINGKASAN

Getaran merupakan salah satu besaran fisika yang dapat diukur dengan meggunakan alat ukur getaran. Perkembangan alat ukur getaran mengaplikasikan gejala berbagai sensor, misalnya sensor dengan menggunakan gejala perubahan kapasitansi, perubahan muatan listrik dari piezoelektrik dan efek medan magnet dari sensor *fluxgate*. Aktifitas pergerakan lempeng permukaan bumi dan gunung api dapat akan mengakibat terjadi gerakan yang menghasilkan getaran sehingga menyebabkan terjadinya gempabumi. Agar dapat mengukur peristiwa gempabumi maka dibutuhkan alat ukur gempabumi yang dapat menganalisa kejadian gempabumi. Efek gempabumi jika ditinjau pada satu titik dapat berupa getaran. Berdasarkan hal tersebut penulis membuat alat ukur gempabumi dari alat ukur getaran dengan menggunakan sensor *fluxgate.* Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui spesifikasi desain dan spesifikasi performansi alat ukur getaran *display personal computer* (PC) untuk aplikasi gempabumi.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. pengukuran secara langsung dilakukan terhadap hasil alat ukur getaran. Secara sistematis tegangan keluaran yang dihasikan oleh sensor *fluxgate* berbentuk sinyal analog. Data sinyal analog ini diolah dengan ADC (*Analog Digital Converter)* pada mikrokontroler sehingga menjadi data digital. Pengukuran tidak langsung berupa penampilan data digital yang diolah menggunakan bahasa pemograman *visual basic* (bahasa C#). Hasil pengolahan ini yang ditampilkan di layar monitor dalam bentuk grafik sebagai fungsi waktu yang merupakan bentuk getaran yang akan dianalisa.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan desain alat ukur ini dapat mengukur getaran dengan resolusi sensitifitas sensor *fluxgate* terhadap simpangannya hingga ukuran $2{,}19 \cdot 10^{-3}\ cm$, dan ujicoba dari pembuatan alat ukur getaran ini telah diterapkan pada skala laboratorim dengan sumber getar buatan didapatkan pola grafik yang terekam sudah berupa gelombang permukaan. Pengujian berikutnya dilakukan di BMKG Padang Panjang dengan diawali survey dan beberapa kali diskusi dengan Tim di BMKG. Pemilihan BMKG ini berdasarkan kesepakatan dengan anggota TIM peneliti yang berasal dari BMKG. Kegiatan ini sekaligus mengimplementasikan MOU antara BMKG dengan FMIPA UNP.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempabumi merupakan salah satu bencana alam yang sangat menghantui masyarakat akhir-akhir ini, mengingat dampak yang ditimbulkan sangat mengerikan. Gempabumi dapat merenggut banyak korban jiwa dan kerugian harta benda yang tidak sedikit seperti yang pernah terjadi Aceh 2004 dan di Jepang 2011. Indonesia adalah negara kepulauan yang yang diapit lempeng Eropa Asia - Australia di Selatan serta lempeng Pasifik dan Philipine dibagian Timur-Utara memiliki rangkaian gunung berapi terbanyak (75%) di dunia. Berdasarkan letak geografis dan jumlah gunung api ini maka Indonesia merupakan sebuah Negara yang sangat rawan terjadinya gempabumi. Gempabumi Aceh tahun 2004 dengan kekuatan 9 SR mengakibatkan terjadinya sesar sepanjang ribuan kilometer sehingga menyebabkan terjadinya Tsunami yang menelan korban jiwa hampir 300.000 orang serta kerusakan infrastruktur yang amat besar. Pada bulan Mei tahun 2006 kembali terjadi gempabumi tektonik di Selatan Yogyakarta mengakibatkan korban jiwa mendekati angka 5000 jiwa dan kerusakan infra struktur yang besar. Pada tahun yang sama di Pangandaran terjadi Tsunami dengan gelombang setinggi 5 meter menyapu daerah Pantai Pangandaran dan lagi-lagi terjadi korban jiwa sekitar 400 orang dan kerusakan infra struktur (Ilyas, T., 2006). Pada Akhir tahun 2009 Sumatera barat juga di goyang gempabumi dengan menelan korban sekitar 900 orang dan kerusakan yang sangat parah. Gempabumi terakhir yang terbesar terjadi sekitar bulan maret 2012 dengan magnitude sekitar 8,5 SR, Kemudian rentetan gempabumi pun tak henti-hentinnya terjadi ditanah air.

Dengan latar belakang kondisi Indonesia yang rawan gempabumi dan Tsunami ini maka kita membutuhkan suatu tindakan yang dapat meminimalisir kerusakan, tindakan ini disebut dengan Mitigasi (*Mitigation*). Untuk melakukan mitigasi kita memerlukan sebuah instrumen yang dapat mengukur kekuatan gempabumi yang terjadi. Salah satu instrumen tersebut adalah alat ukur gempabumi atau sensor gempabumi. Untuk keperluan ini kami ingin mendesain sensor gempabumi menggunakan sensor *fluxgate* yang dapat dimonitoring secara online dengan memfaatkan sarana telekomunikasi radio (telemetery). Dalam penelitian sebelumnya, telah berhasil dikembangkan sistem telemetri berbasis web (Ignatius , A., dkk., 2002, Eliezer M. R., dkk., 2004, Suparmanto, A., dkk., 2007..

Berdasarkan hasil pengembangan sensor *fluxgate* yang kami lakukan (Yulkifli, 2007a,2007b, 2007c, 2008, 2009, 2010), telah berhasil diaplikasikan sebagai alat ukur medan magnet lemah (Djamal, M. 2002), sensor jarak [Yulkifli, dkk., 2007b], sensor getaran dengan rentang frekuensi 10-400 Hz [Djamal, M., dkk., 2008], sensor arus DC [Djamal, M., dkk., 2007], sensor muai panjang [Wahyudi, I., 2009], dan sensor kecepatan putaran [Yulkifli, dkk., 2009]. Untuk aplikasi pada getaran dengan frekeunsi rendah, telah berhasil dibuat prototip sensor yang dapat mengukur getaran dibawah 1 Hz. Dikarenakan pengukuran getaran akibat gempabumi memerlukan sensor getaran yang dapat mengukur getaran dalam daerah frekuensi 0,1- 5,0 Hz dengan kekuatan sekitar 0,5 g, maka pada penelitian ini kami akan mendesain sensor getaran dengan spesifikasi di atas. Hal ini dapat direalisasikan dengan memodifikasi sensor getaran yang telah dikembangkan sebelumnya, yakni dengan memilih material yang cocok dan desain yang sesuai.

B. Tujuan Khusus

Tujuan umum penelitian ini adalah mendesain dan membuat sensor gempabumi berbasis sensor *fluxgate* yang dapat mendeteksi gempabumi secara online. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah :

1. Pembuatan sensor gempabumi berbasis sensor *fluxgate*
2. Pengujian sensor gempabumi dengan cara pengoperasian insitu
3. Pengkalibrasian sensor gempabumi menggunakan *shaking table*
4. Pembuatan sistem sensor gempabumi yang terintegrasi menggunakan sistem *telemetery*

C. Urgensi (keutamaan Penelitian)

Berdasarkan latar permasalahan yang telah kami kemukakan di latar belakang maka ke butuhan akan sensor gempabumi sangatlah penting. Indonesia merupakan daerah aktif gempabumi tektonik, pada umumnya terjadi di daerah pertemuan lempeng (subduksi) dan patahan aktif. Gempabumi di daerah patahan aktif walaupun skalanya relative kecil dibandingkan dengan gempabumi subduksi namun dampak yang ditimbulkan sangat besar mengingat sumber gempanya dekat dengan pemukiman. Secara umum Sumatera Barat memiliki dua resiko gempabumi yaitu resiko yang berasal dari gempabumi subduksi di laut sebelah barat pulau Sumatera dan dari patahan Sumatera terutama segmen patahan Sihanok, Singkarak dan Sumani (Hilman, 2007) .

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat dapat kita manfaatkan untuk mengirimkan data gempabumi secara online ke pusat informasi seperti Pusat Gempabumi Regional BMG Sumatera Barat sehingga Informasi yang dihasilkan dapat segera digunakan untuk kepentingan pengambilan keputusan pada fase tangap darurat atau dalam pengelolaan mitigasi.

Sensor harus memiliki sensitivitas dan resolusi yang tinggi, mudah dioperasikan dan harganya murah serta mudah diperoleh. Sensor yang ada di pasaran saat ini harganya sangat mahal, hal ini disebabkan karena proses fabrikasinya kompleks dan memerlukan proses yang lama karena didatangkan dari luar negeri. Sensor *fluxgate* merupakan sebuah sensor yang dapat dibuat dengan proses sederhana memiliki ukuran kecil, kebutuhan daya rendah, rentang pengukuran cukup lebar dan mempunyai kestabilan yang tinggi terhadap temperatur dengan koefisien sensitivitas temperatur 30 ppm/^{o}C dan koefisien offset 0.1 nT (Ripka, P., *et al.*, 2001b: Liu, S., 2006). Sensor *fluxgate* dapat diaplikasikan secara luas seperti pengukur medan magnetik di dalam ruang, pemetaan, karakterisasi batuan, kompas, navigasi, pencarian bahan tambang, pengukur kuat medan elektromagnetik dan sensor jarak dalam orde kecil (Kaluza, F., *et al*., 2003: Carr, C., *et al*.,2006; Yulkifli, dkk., 2007b).

Potensi yang dimiliki oleh sensor *fluxgate* ini, memberikan peluang yang cukup besar untuk diaplikasikan menjadi sensor getaran (*vibration sensor*), terutama untuk getaran dengan perubahan amplitudo yang sangat kecil (orde mikrometer) dan memiliki frekuensi rendah (<10Hz), seperti getaran gempabumi. Sensor getaran sering digunakan untuk pengukuran, peragaan atau analisa kecepatan, perpindahan atau percepatan. Saat ini sensor getaran yang sering digunakan dalam industri adalah *piezoelectric, capacitance, null-balance, strain gage, resonance beam, piezoresistive dan magnetic induction,* sensor-sensor tersebut harus ditempelkan ke objek yang akan diamati getarannya (kontak dengan objek), sedangkan kelebihan sensor *fluxgate* tidak perlu kontak dengan objek yang diamatinya sehingga saat pengukuran tidak perlu mematikan aktivitas objek/mesin yang sedang beroperasi. Untuk mendeteksi getaran suatu objek dengan memanfaatkan informasi getaran diperlukan sensor getaran dengan resolusi tinggi.

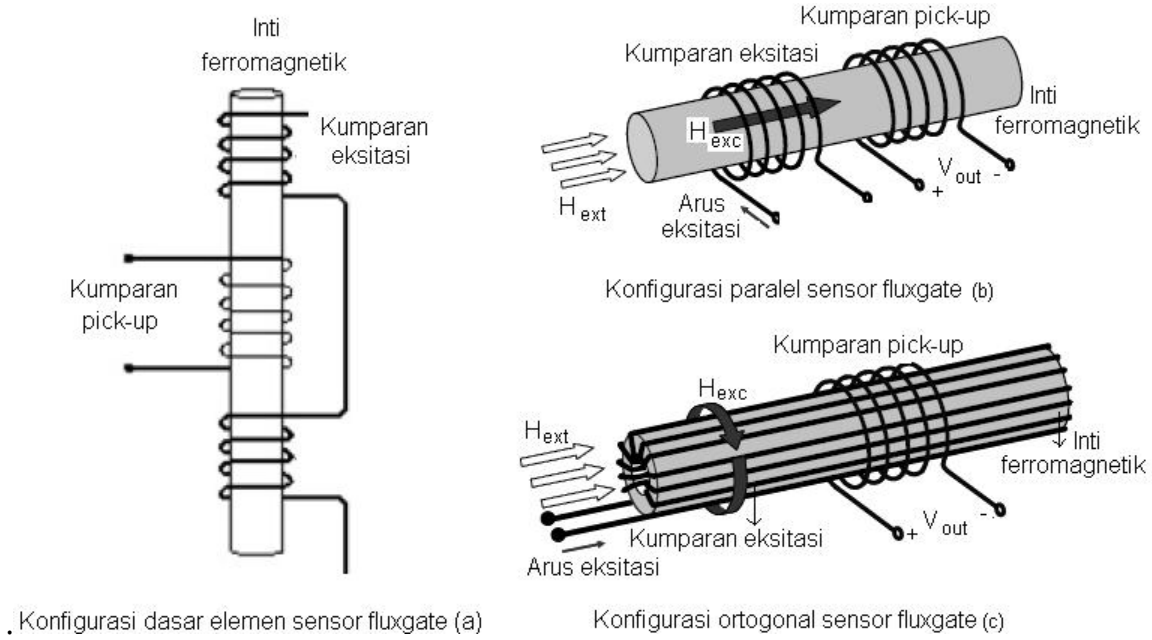
Berdasarkan permasalahan di atas dan keunggulan yang dimiliki sensor *fluxgate*, maka kami berkeinginan untuk membuat sensor gempabumi berbasis sensor *fluxgate* yang

dapat dimonitor secara online dengan proses sederhana, biaya murah, tentunya dengan kualitas yang dapat bersaing dengan produk luar negeri.

BAB II. STUDI PUSTAKA

A. Prinsip Dasar Sensor *Fluxgate*

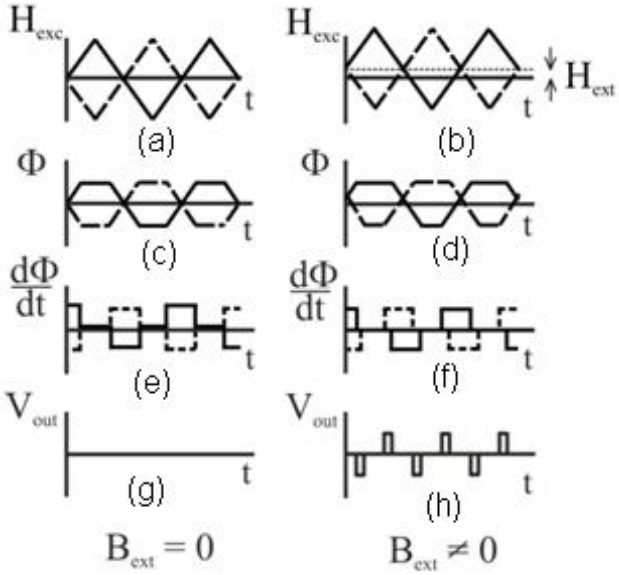
Sensor *fluxgate* adalah sensor magnetik yang bekerja berdasar perubahan flux magnetik di sekitar elemen sensor (Gopel, W., et.al., 1989). Elemen sensor *fluxgate* terdiri dari kumparan primer (*excitation coil*), kumparan sekunder (*pick-up coil*) dan inti ferromagnetik (*core*), seperti ditunjukkan gambar 1.(a). Berdasarkan arah medan eskitasi yang dihasilkan oleh kumparan eksitasi, maka elemen sensor *fluxgate* terdiri dari dua, yaitu: sensor *fluxgate* orthogonal: arah medan eksitasi tegak lurus arah medan eksternal yang di ukur, sedangkan parallel sensor *fluxgate* : arah medan eksitasi sejajar dengan medan eksternal yang diukur , seperti ditunjukkan Gambar 1.(b) dan 1.(c)



Gambar 1. Konfigurasi dasar kumparan elemen sensor *fluxgate* (Zorlu, O., 2007)

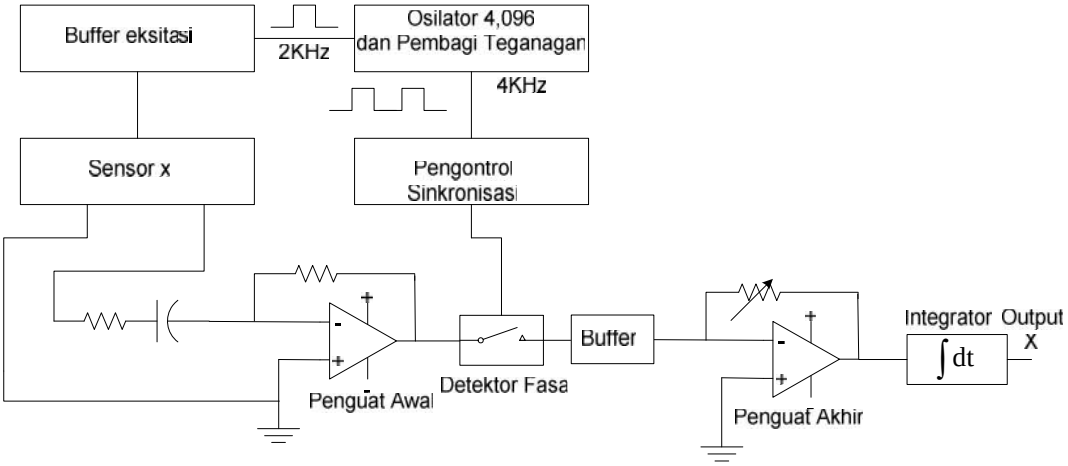
Pada metoda *fluxgate*, pengukuran kuat medan magnet didasarkan pada hubungan antara kuat medan magnet **H** yang diberikan dengan fluks medan magnet induksi **B.** Jika **B** yang dihasilkan berasal dari masukan **H** berupa gelombang pulsa bolak-balik, maka dalam

keadaan saturasi pada keluaran **B** akan timbul gelombang harmonik genap, gelombang harmonik ke dua, yang besarnya sebanding dengan medan magnet luar yang mempengaruhi inti (core) dan arahnya sebanding dengan arah medan magnet luar. Prinsip pengukuran ini dapat ditunjukkan Gambar 2.



Gambar. 2. Prinsip kerja sensor *fluxgate* (Djamal, M. 2007)

Prinsip kerja sensor *fluxgate* ketika mengukur perubahan medan magnet luar ditunjukkan pada gambar 5. Prinsip kerja sensor magnetik *fluxgate*. a) Medan eksitasi tanpa medan magnet luar B_{ext}=0; b) Medan eksitasi dengan medan magnet luar B_{ext}≠0; c) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada B_{ext}=0; d) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada B_{ext}≠0; e) perubahan fluks terhadap waktu pada B_{ext}=0; f) perubahan fluks terhadap waktu pada B_{ext}≠0; g) tegangan keluaran sensor pada B_{ext}=0; h) tegangan keluaran sensor pada B_{ext}≠0 . Tegangan keluaran V_{out} dari elemen sensor diolah dengan menggunakan rangkaian pengolah sinyal. Pengolah sinyal sensor terdiri dari beberapa bagian, yaitu diffrensiator, detektor, sinkronisasi fasa, integtrator, dan penguat akhir. Secara skematik terlihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Skema Diagram Pengolahan Sinyal Sensor

Karakteristik tegangan keluaran sensor *fluxgate* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain: jumlah lilitan eksitasi dan *pick-up*, dimensi geometri elemen sensor, sifat dan jenis material inti ferromagnetik, jumlah lapisan inti frekuensi dan arus eksitasi. Pemilihan bahan inti sangat penting karena menentukan sensitivitas dan akurasi dari sensor (Ripka, P., 2000b). Disamping itu inti harus bersifat robus terhadap pengaruh luar seperti vibrasi akustik dan deformasi mekanik. Bahan yang memenuhi persyaratan tersebut Vitrovac dan METGLASS. Vitrovac atau kaca logam $Co_{66.5}Fe_{3.5}Si_{12}B_{18}$6025 mempunyai permeabilitas relatif yang tinggi, yaitu sekitar 100000. Penggunaan pita Vitrovac memungkinkan desain sensor dengan ukuran yang cukup kecil dan robus.

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 fluks magnetik inti sensor. Penggunaan pendekatan polinomial tekhnik harmonisa kedua akan memudahkan untuk menyederhanakan fungsi transfer ke dalam komponen frekuensi (Göpel, W, *et al*., 1989). Perubahan flux magnetik yang berasal dari kumparan eksitasi ditangkap oleh kumparan pick-up dalam bentuk tegangan (ggl). Komponen tegangan keluaran harmonisa kedua V_{out2h} dari kumparan pick-up ditunjukan persamaan 1.

$$V_{out\,2h} = -3B_0 NA\mu a_3 h_{ext} h_{ref\,\max}^2 \sin 2\mu t \qquad (1)$$

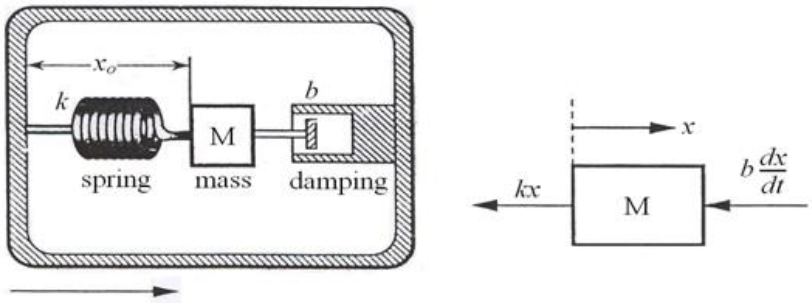
dengan B_o adalah amplitude medan exksitasi, N jumlah lilitan pick-up, A luas penampang inti, ω kecepatan sudut, h_{ext} medan eksternal dan h_{refmax} adalah medan referensi dari eksitasi, Dari persamaan di atas terlihat bahwa tegangan keluaran harmonisa ke dua adalah berbanding lurus dengan kuat medan yang diukur (Djamal, M., *et al*., 2005, Bashirotto, A., *et al*., 2006).

B. *Fluxgate* Magnetometer Sebagai Sensor Getaran.

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. Untuk mendekteksi getaran dikembangkan berbagai alat berupa sensor getaran (*vibration sensor*). Terdapat banyak metode yang dapat dipakai untuk mendeteksi getaran, misalnya dengan mengukur kapasitansi, perubahan muatan listrik dari material *piezoelectric* atau perubahan posisi dalam *Linear Variable Displacement Transformer* (LVDT) (Corres, *et. al*.,2006).

Salah satu cara kerja sensor getaran berdasarkan perubahan posisi dari suatu objek, objek yang bergerak dapat dideteksi dengan perubahan medan magnet yang terjadi padanya. Perubahan medan magnet pada sensor magnet akibat berubahnya posisi dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi suatu benda yang sedang bergetar. *Fluxgate* sebagai sensor mempunyai konsep perubahan medan magnet suatu objek. Berdasarkan kesamaan konsep ini, maka *Fluxgate* dapat dijadikan sebagai sensor getaran. (Hendro, 2007).

Sensor *fluxgate* bekerja dengan cara membangkitkan medan magnet untuk dirinya sendiri sebagai medan magnet acuan, jika terdapat bahan magnet yang bergetar pada posisi x maka sensor akan mendeteksi perubahan posisi (x) dari getaran tersebut melalui perubahan acuan medan magnetik pada intinya (Suyatno, 2007b). Perubahan posisi (x) dari benda yang bergetar terhadap sensor disebut dengan simpangan, simpangan maksimum disebut dengan amplitudo (A). Untuk meninjau konsep mekanik sebuah benda bergetar dimodelkan seperti Gambar 4.



Gambar 4: Model Makanik Sensor Getaran (**A**) dan Diagram bebas dari massa (**B**), (Fraden, J., 1996).

Sebuah benda dengan beban bermassa M terikat pada sebuah pegas dengan konstanta pegas k dan massa yang bergerak diredam oleh peredam dengan koefisien redaman b seperti gambar (A). Beban bisa bergeser sejauh *x* dari titik setimbang terhadap sensor dengan arah horizontal. Selama bergerak percepatan beban M bergetar sebesar $\frac{d^2x}{dt^2}$, dan sinyal keluaran sebanding dengan defleksi x_0 dari beban M. Berdasarkan tinjauan diagram bebas masaa M seperti gambar (B) dan menerapkan Hukum kedua Newton memberikan :

$$Mf = -kx - b\frac{dx}{dt}, \tag{2}$$

dengan f adalah percepatan dari massa relatif dari bumi dan diberikan oleh :

$$f = \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{d^2y}{dt^2} \tag{3}$$

Dengan mensubsitusi persaman 2 ke 3 didapatkan :

$$M\frac{d^2x}{dt^2} + b\frac{dx}{dt} + kX = M\frac{d^2y}{dt} \tag{4}$$

Persamaan di atas merupakan persamaan diffrensial orde dua yang mana artinya keluaran percepatan sinyal merupakan bentuk osilasi. Untuk menyelesaikan persamaan (4) di atas digunakan Transformasi *Laplace* (Boas, L.M, 1984). Berdasarkan Transformasi *Laplace* didapatkan :

$$Ms^2X(s) + bsX(s)\frac{dx}{dt} + kX(s) = MA(s) \tag{5}$$

dimana $X(s)$ dan $A(s)$ adalah Transformasi *Laplace* dari $x(t)$ dan $\frac{d^2y}{dt^2}$. Solusi persamaan (5) untuk $X(s)$ adalah :

$$X(s) = \frac{-MA(s)}{Ms^2 + bs + k} \tag{6}$$

dengan mendefinisikan variabel $\acute{}_o = \sqrt{k/M}$ dan $2\P\acute{}_o = b/M$, persamaan (6) dapat ditulis :

$$X(s) = \frac{-A(s)}{s^2 + 2\P\acute{}_o s + \acute{}_0^2} \tag{7}$$

Nilai $\acute{}_o$ mempresentasikan frekuensi anguler alami percepatan dan ¶ koefisien normalisasi redaman. Misalkan $G(s) = \frac{-1}{s^2 + 2\P\acute{}_o s + \acute{}_o^2}$, maka persamaan (7) dapat dituliskan menjadi : $X(s) = G(s)A(s)$, solusi dapat diungkapkan dalam bentuk operator inverse transformasi *Laplace* sebagai :

$$X(s) = L^{-1}\{G(s)A(s)\} \tag{8}$$

Dengan menggunakan teorema konvolusi transformasi Laplace dapat ditulis:

$$x(t) = \int_0^t g(t-²)a(²)d² \tag{9}$$

dimana ***a*** adalah impulse bergantung pada percepatan dan ***g(t)*** adalah inverse transform $L^{-1}\{G(s)\}$. Jika diambil $\mu = \mu_o\sqrt{1-\P^2}$, maka persamaan di atas mempunyai dua solusi, yaitu :

Solusi I, untuk underdamped mode ($\P < 1$) :

$$x(t) = -\int_0^t \frac{1}{\mu} e^{-\P\mu_o(t-²)} \sin\mu(t-²)a(t)d² \tag{10}$$

Solusi II, untuk overdamped mode ($\P > 1$) :

$$x(t) = -\int_0^t \frac{1}{\mu} e^{-\P\mu_o(t-2)} \sinh \mu(t-2) a(t) d2 \qquad (11)$$

dengan $\mu = \mu_o \sqrt{\P^2 - 1}$

Persamaan (11) menunjukkan bahwa perubahan jarak atau simpangan benda berosilasi bergantung pada waktu t.

Perubahan posisi atau jarak antara beban M (target) dengan sensor akan menyebabkan perubahan intensitas medan magnet yang diterima oleh sensor. Prinsip kerja pengukuran getaran berdasarkan perubahan posisi ini telihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Prinsip Kerja Sensor *Fluxgate* Sebagai Sensor Getaran

Objek yang bergetar (target) dipilih yang bersifat magnetik. Material magnetik dapat berasal dari magnet permanen atau material ferromagnetik. Material magnetik ditempatkan pada objek yang akan diukur getaranya. Jika objek bergerak mendekati atau menjauhi detektor, maka medan magnetik disekitar titik setimbang akan mengalami perubahan, perubahan ini disebut fluk magnetik (Φ). Perubahan fluk magnetik bergantung pada posisi sensor terhadap objek.

Jika $d\vec{A}$ adalah elemen vektor dan $\vec{B}$ adalah elemen vektor, maka fluk magnetik yang keluar dari permukaan medan adalah:

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \qquad (12)$$

Jika medan magnetik material adalah B, maka medan magnetik yang dideteksi oleh sensor pada jarak r adalah:

$$B_r \propto \frac{B}{x} \quad . \qquad (13)$$

Penurunan medan magnetik sebanding dengan 1/*x*, (Djamal, M., 2006).

C. Desain Prototip Sensor Gempabumi Berbasis Sensor *Fluxgate*

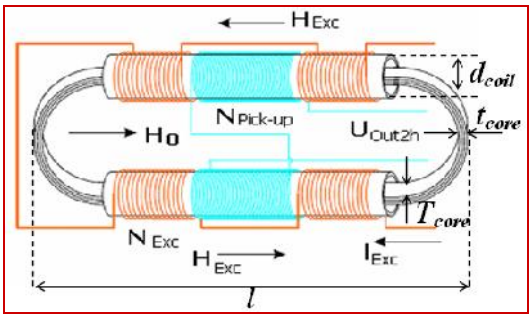
c. 1. Desain elemen sensor *fluxgate*

Kualitas sensor *fluxgate* seperti sensitivitas dan resolusi ditentukan berbagai faktor antara lain: desain geometri elemen sensor (Hinnrics, C., et al., 2001, Liu, S., 2006, Wu, P., et al., 2008), pemilihan bahan inti (*core*), susunan dan jumlah inti, jumlah lilitan eksitasi dan *pick-up*. (Yulkifli 2007, 2009, Suyatno, 2007a). Hal ini dapat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas sensor *fluxgate* berdasarkan elemen sensor, bahan inti (*core*) dan konfigurasi kumparan eksitasi dan *pick-up*.

No	Desain Sensor	Sensitivitas	Peneliti
1	*Close-core* persegi, ukuran inti panjang 2 x700 µm, lebar 1000 mm dan tebal 4 µm, lilitan 40.	0,028 mV/µT.	Ripka. P., *et al*., 2001b
2	*Close-core* tiga lapis , bahan pita *Metglass* 2714 A, tebal inti 15.24 µm, tebal kumparan 0.2 mm	20 µs/nT	Ando,Bruno., *et al*., 2005
3	*Singel-core* sejajar, bahan pita *Vitrovac* 6025, kumparan *pick-up* ganda , jumlah lilitan bervariasi.	350 mV/µT.	Djamal, M., *et al*., 2006
4	*Multilayer-core*, bahan *Metglas* 2714, tebal logam 200 µm, jarak antara garis logam 200 µm dan resolusi *ecthing* 100 µm, lubang kumparan *pick-up* bervariasi.	0.2 µs/nT.	Ando., B., *et al*., 2006
5	*Multi-core orthogonal*, Bahan amorphous CoFeSiB diameter 16µm, tebal 2 µm dan panjang 18 mm 1000 lilitan kumparan *pick-up*, jumlah core: 16 buah. Sensitivitas *multi-core* 65 kali lebih besar dari *single-core*.	-	Li, X.P., *et al*., 2006b

Berdasarkan perkembangan sensor magnetik *fluxgate* sebagaimana yang telah kami jelaskan pada bagain pendahuluan, maka desain sensor *fluxgate* yang kami kembangkan adalah model geometri elemen sensor dengan konfigurasi *pick-up* ganda dengan bentuk inti oval (race-track) (Yulkifli 2007a, 2007b, 2008,2009). Bentuk geometri elemen sensor tersebut ditunjukkan oleh Gambar 6.

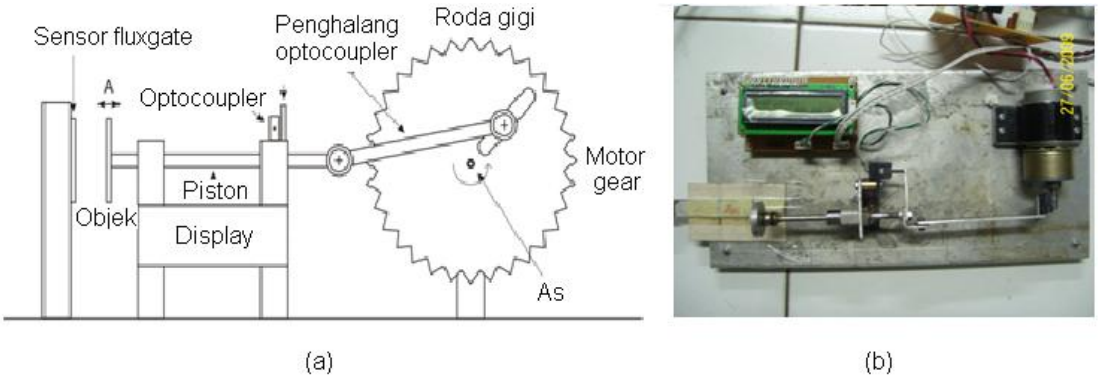


Gambar 6. Geometri elemen sensor *fluxgate pick-up* ganda

Geometri elemen sensor ini memiliki kelebihan antara lain medan eksitasi kedua sisi sama besar sehingga dapat mengurangi noise (Kubik, 2006).

c.2. Desain sensor sebagai alat ukur gempabumi

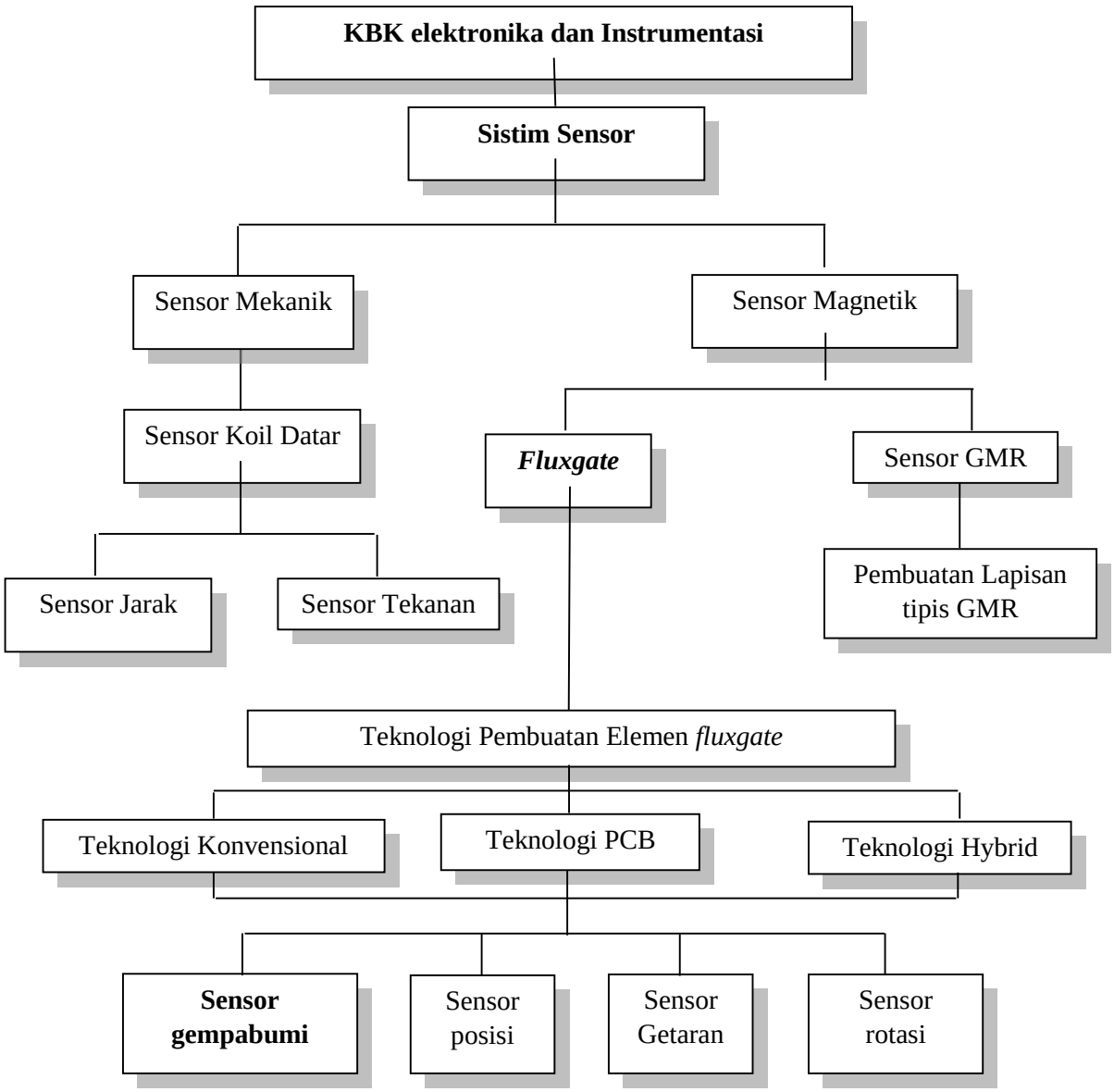
Konsep dasar aplikasi sensor *fluxgate* sebagai sensor getaran didasarkan atas kemampuan sensor *fluxgate* dalam mengukur purubahan posisi dalam orde kecil (Yulkifli,. dkk., 2007b) dan berhasilnya sensor diaplikasikan untuk mengukur frekeunsi tinggi (Djamal, M., dkk., 2008). Perubahan posisi atau jarak antara beban M (target) dengan sensor akan menyebabkan perubahan intensitas medan magnet yang diterima oleh sensor. Objek yang bergetar (target) dipilih yang bersifat magnetik. Material magnetik dapat berasal dari magnet permanen atau material ferromagnetik. Material magnetik ditempatkan pada objek yang akan diukur getaranya. Jika objek bergerak mendekati atau menjauhi detektor, maka medan magnetik disekitar titik setimbang akan mengalami perubahan, perubahan ini disebut fluk magnetik (Φ). Perubahan fluk magnetik bergantung pada posisi sensor terhadap objek. Untuk menerapkan sensor *fluxgate* sebagai alat ukur gempabumi telah di desain peralatan karakterisasi awal seperti ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Skema dan foto karakterisasi awal pengukuran frekuensi rendah.

BAB. III. PETA JALAN PENELITIAN

Sesuai dengan bidang keahlian peneliti telah mengembangkan berbagai sensor dan beberapa aplikasinya, tahun 2002 penelitian mengembangkan sensor mekanik koil datar dan mengembangkan aplikasi untuk sensor jarak dan tekanan udara.



Gambar 8. Peta Jalan Penelitian

Tahun 2006 sampai sekarang bersama Tim mengembangkan sensor magnetik GMR, seiring dengan pengembangan sensor GMR ini peneliti juga mengembangkan penelitian dibidang sensor magnetik *Fluxgate* dan beberapa aplikasinya. Sehingga penelitian yang akan

dikembangkan ini merupakan kelanjutan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini diawali dengan Desain dan Pengembangan Sensor Magnetik Resolusi Tinggi dan Beberapa Aplikasinya (Hibah Pascasarjana, 2007-2008, diusulkan melalui LP3M ITB), Desain dan Pengembangan Sensor Magnetik *Fluxgate* Berbasis Teknologi *Printed Circuit Boards* (*PCB*) dan Aplikasinya untuk Sensor Getaran (Riset KK-ITB, 2009), Desain dan Pengembangan Sensor Magnetik *Fluxgate* Sensitivitas Tinggi Menggunakan Model *Ellips-Multicore Double Pick-up* dan Aplikasinya (Hibah Bersaing Dikti, 2009-2010, diusulkan melalui LP3M UNP). Berdasarkan penelitian sebelumnya telah berhasil dikembangkan sensor *fluxgate* dengan resolusi tinggi (7,6 nT) dan diaplikasikan dalam berbagai pengukuran. Untuk lebih jelasnya peta jalan penelitian dapat terlihat pada Gambar 8.

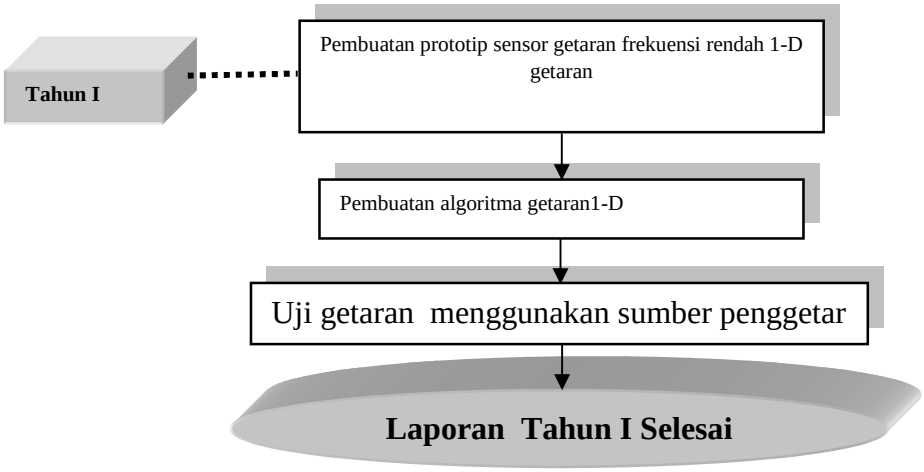
BAB. IV. MANFAAT PENELITIAN

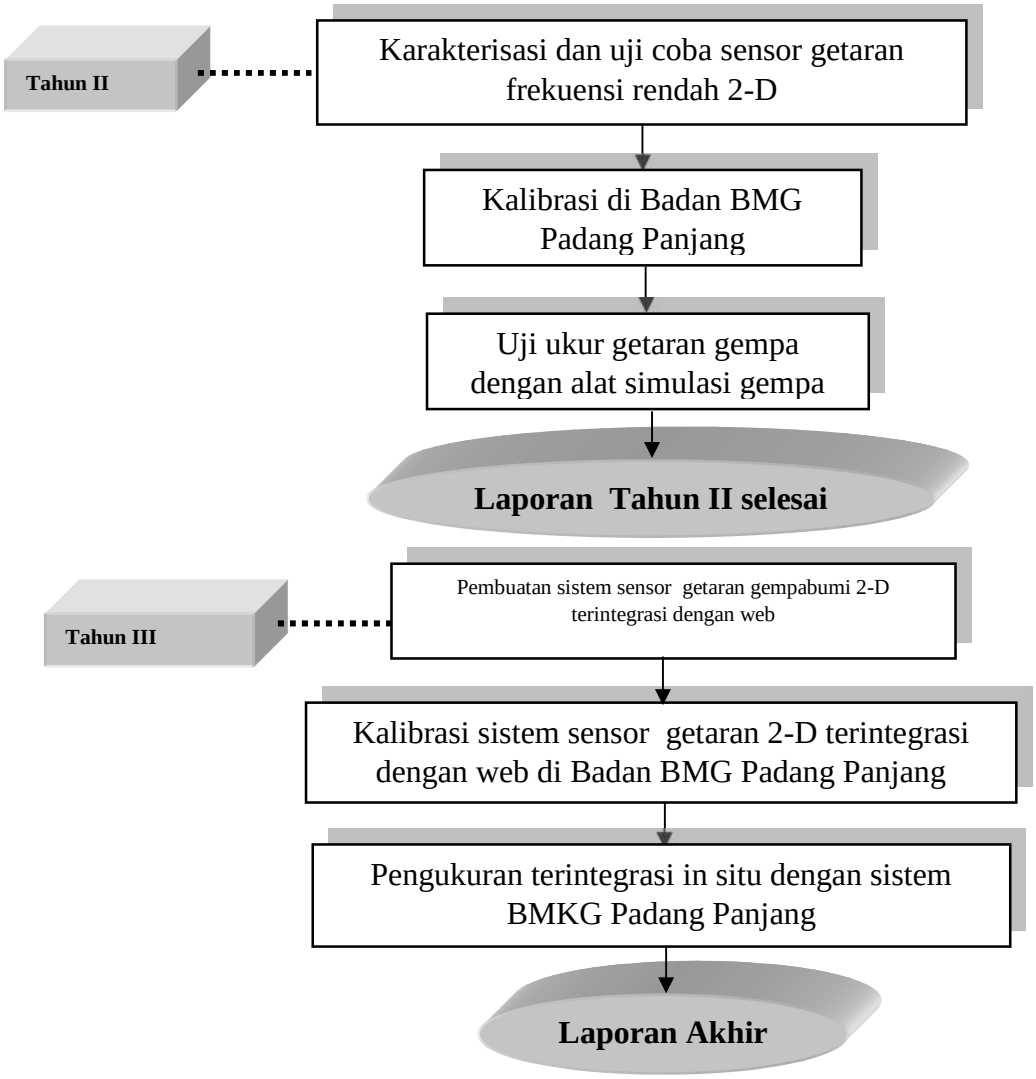
Pengembangkan aplikasi sensor *fluxgate* untuk alat ukur gempabumi akan sangat bermanfaat bagi masyarakat. Berdasarkan letak geografis, Indonesia merupakan negara rawan gempabumi, maka dibutuhkan instrumen yang dapat mendeteksi getaran gempabumi dan pendeteksi awal tsunami tersebut agar dapat memberikan informasi secepat mungkin ke pusat informasi seperti Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), sehingga korban jiwa akibat gempabumi dapat diminimalisir. Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau yang membentang dari Sabang sampai ke Merauke memerlukan sensor alat pendeteksi gempabumi dan tsunami dalam jumlah besar. Jarak antara pulau yang berjauhan menuntut penyebaran informasi secepat mungkin mengenai gempabumi dan bahayanya seperti potensi tsunami. Selain itu hasil penelitian ini sangat bermanfaat bagi industri-industri dan pembangunan di Indonesia. Pembangunan sarana dan prasarana di masa modern seperti sarana transportasi baik darat maupun udara yang cenderung serba otomatis akan mendorong pemanfaatan dari hasil penelitian ini. Dengan luasnya aplikasi dari sensor *fluxgate*, terbuka peluang untuk penerapan teknologi ke arah komersial untuk diproduksi secara massal di dalam negeri. Penggunaan produksi negeri sendiri dapat memajukan industri dan perekonomian di dalam negeri. Selain itu akan dapat menghemat devisa negara karena kebutuhan akan sensor selama ini di impor dari luar. Disamping memiliki arti ekonomis yang sangat besar, hasil penelitian ini juga memiliki arti kebanggaan nasional karena riset ini sangat memberi peluang kepada Indonesia untuk ikut berbicara dalam tingkat dunia.

BAB. V. METODE PENELITIAN

Riset ini telah dilakukan dalam 3 tahun.

- **Tahun I dan Tahun II.** Desain dan pembuatan sensor dan sistem sensor *fluxgate* yang kompatibel untuk mengukur getaran frekuensi rendah 1-D dengan memanfaatkan kelebihan sensor fluxgate, karakterisasi dan pengujian telah dilakukan di BMKG Padang panjang. **Hasil tahun I dan II sudah menghasil publikasi internasional pada ICOPIA di Solo dan Draft Buku serta Draft Paten**. **Hasil-hasil ini kami uraikan pada laporan tahun II**.
- **Tahun III.** Pada tahun III dititik beratkan pada pembuatan sistem alat ukur getaran gempabumi 2-D yang terintegrasi sehingga dapat dimonitor secara online. Kemudian akan dilanjutkan dengan karakterisasi, kalibrasi dan pengukuran. Karakterisasi dilakukan di labor Elektronika dan instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UNP dan pengukuran ini dilakukan Kantor Badan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Gempa Bumi Regoinal VI Sumatera Barat. Pengujian sensor sebagai alat ukur gempabumi dilakukan kerjasama dengan kantor BMKG, sedangkan pengujian dilakukan di sekitar Danau singkarak. Diharapkan diakhir tahun ketiga diharapkan sudah diperoleh prototip sensor getaran 2-D dengan amplitude kecil dan frekuensi rendah yang dapat di pergunakan untuk sensor gempabumi, hasil ini dapat dipublikasikan pada jurnal nasional/ Prosiding internasional dan paten. Secara garis besar tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan ditampilkan dalam diagram blok pada Gambar 9.





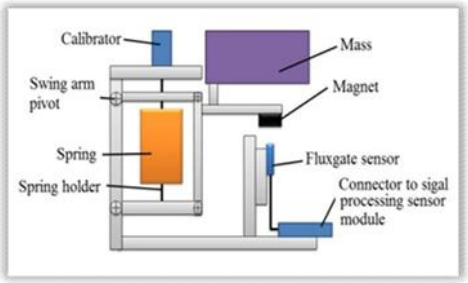
Gambar 9. Diagram alur penelitian

BAB VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

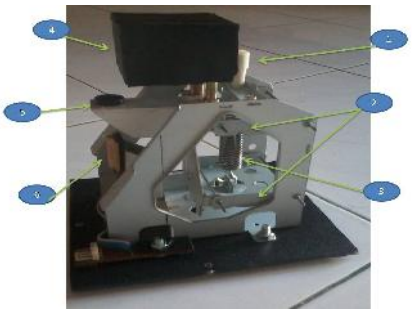
A. Hasil-hasil Penelitian Getaran 1 Dimensi

1. Spesifikasi performansi alat ukur getaran berbasis sensor *fluxgate* untuk aplikasi gempabumi

Sistem alat ukur gempabumi yang dirakit menggunakan prinsip sensor getaran dengan aplikasi pegas dan benda yang memiliki berat, jika terjadi getaran maka alat ini ikut bergetar sehingga merespon sensor *fluxgate*. Adapun bentuk rancangan hasil fisik dari sistem alat ukur gempa 1D ini terlihat pada Gambar 1.



(a)



(b))

Gambar 1. Desain dan Hasil Sistem Mekanik Getaran 1-D

Dari Gambar 1 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. Sistem mekanik sensor di tutupi oleh box berukuran 13x10x15 cm dan terdiri dari (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 dengan berat ±1 Kg yang bertugas sebagai pemberat, (5) magnet berfungsi sebagai indikator yang akan direspon oleh sensor *fluxgate* pada (6).

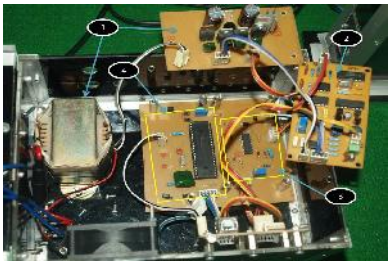
Saat gempa terjadi, jika ditinjau dari satu titik maka gelombang gempa itu membentuk pola

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 2.

Gambar 2. Modul pengolahan sinyal

Gambar 2 merupakan modul pengolahan sinyal, dimana pada modul ini pin-pin konektor dan kabel catudaya yang difungsikan sebagai pendukung dan penghubung sistem dari pengolahan sinyal. Modul pengolahan sinyal berbentuk box berukuran 21x16x8 cm dan terdiri dari (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 transfer data hasil pengolahan sinyal terjadi. (3) saklar On/Off merupakan kontak saklar yang digunakan untuk mengaktifkan dan mematikan suplay listrik dari PLN. (4) pin konektor kabel PLN. (5) lubang udara untuk kipas pendingin (*fan*) pada modul pengolah sinyal, pendingin digunakan untuk menurunkan suhu pada sirkuit elektronika terutama pada sirkuit *power supplay*.

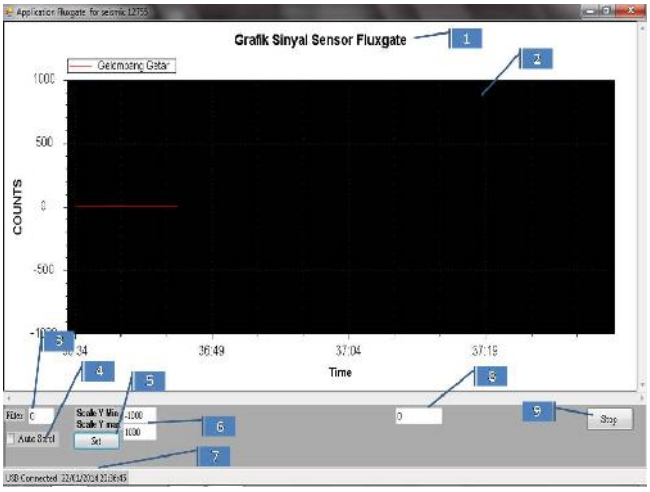
Di dalam pengolahan sinyal terdapat sirkuit elektronika seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sirkuit elektronika modul pengolah data

Gambar 3 merupakan bentuk bagian dalam modul pengolahan sinyal sensor *fluxgate*, dimana (1) Merupakan sirkuit elektronika yang berfungsi sebagai *power supplay*, tegangan yang dihasilkan *power supplay* yang diberikan ±6 V dan ±12 V. Sistem sirkuit *power supplay* digunakan untuk pemberi tegangan pada modul sensor *fluxgate* dan pemberi tegangan untuk pengolah sinyal output dari modul sensor, sedangkan pada mikrokontroler *power supplay* 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.



Gambar 4. Tampilan tool driver seismograf sofware 12755

Pengoperasian perangkat alat ukur membutuhkan *personal computer (PC).* PC yang digunakan dengan spesifikasi telah menggunakan minimal *net framework 4.0,* dalam menjalankan alat ukur digunakan *software* pendukung yang telah dibuat dengan *visual basic* bahasa pemograman C# yaitu Tool Driver Seismograf Sofware 12755 dan logloader. Tool Driver Seismograf Sofware 12755 digunakan untuk menampilkan grafik, monitoring dan penyimpanan data. Tampilan *software* seperti pada Gambar 4.

Dalam tampilan *software* Gambar 4 terlihat merupakan program yang sedang dijalankan, dimana (1) Merupakan title untuk grafik. (2) Merupakan grafik yang diplot dari data alat ukur, grafik ini sebagai monitoring kejadian getaran yang direspon oleh sensor *fluxgate* secara *real time*. (3) Merupakan filter *noise* yang dihitung oleh alat ukur, dengan cara meloloskan selisih nilai hitung yang dapat kita tentukan. (4) Merupakan *auto scrol,* fungsi ini digunakan untuk menghidupkan atau mematikan *rolling* grafik agar tetap tampil seiring waktu. (5) Button set digunakan untuk mengaktifkan nilai filter dan skala yang telah ditentukan. (6) Merupakan tempat untuk menginput nilai skala pada sumbu *counts* yang kita inginkan. (7) Merupakan status strip yang menginformasikan koneksi USB antara PC dan perangkat alat ukur. (8) Merupakan text box yang menginformasikan nilai hitungan pada alat. (9) Merupakan button untuk menjalankan dan mematikan proses pengambilan data.

Proses pengambilan data pada Tool Driver Seismograf Sofware 12755 disertakan dengan proses penyimpanan data, *software* ini telah diprogram dapat menyimpan data secara berkala setiap 15 menit, menyimpan data saat koneksi USB terputus dan saat program dihentikan. Data yang tersimpan berada pada *folder* aplikasi dengan nama *folder* LogData dan nama *file* yang tersimpan sesuai dengan waktu penyimpanan data, data tersebut berupa *file* dengan extensi .xls sehingga *file* selain dapat dibuka dengan *software* logloader juga dapat dibuka menggunakan *Microsoft* Excel.

Sofware logloader digunakan untuk membuka kembali data rakaman alat yang telah tersimpan, logloader ini sengaja dipisahkan dari Tool Driver Seismograf Sofware 12755 menyangkut fleksibelitas dalam penggunaan dan performansi siklus coding dari aplikasi yang dijalankan. Tampilan aplikasi logloader seperti pada Gambar 5

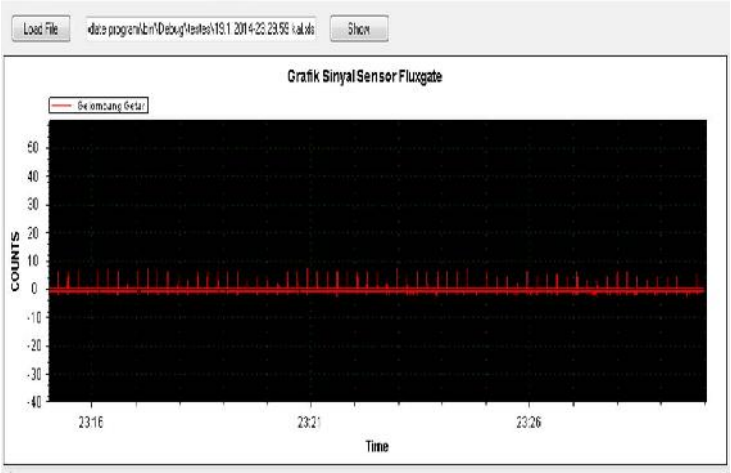
Gambar 5. Tampilan logloader

Gambar 5 merupakan tampilan aplikasi logloader yang telah dijalankan untuk membuka sebuah data alat yang telah tersimpan. (1) Menunjukan button untuk membuka dan memilih *file* data alat yang akan dibuka. (2) Menunjukan info lokasi *file* yang akan dibuka. (3) Menunjukan button show yang digunakan untuk memproses data yang akan kita buka, setelah proses pembacaan data selesai, maka data akan ditampilkan dalam bentuk grafik. (4) Button kalibrasi digunakan hanya untuk menset ulang posisi data pada titik tengah dengan menggunakan data tertentu. (5) kolom data titik tengah, nilai titik tengah akan ditentukan hanya saat instalasi alat pada tempat tertentu, jika terjadi perubahan akan dilakukan kalibrasi ulang. (6) Menunjukan filter *noise* yang dihitung oleh alat ukur, dengan cara meloloskan selisih nilai hitung yang dapat kita tentukan. (7) Merupakan tempat untuk menginput nilai skala pada sumbu *counts* yang kita inginkan. (8) Button set digunakan untuk mengaktifkan nilai filter dan skala yang telah ditentukan. (9) Menunjukan *bar progress* sebagai status aplikasi sedang berlangsung.

2. Hasil Pengukuran Sistem Getaran 1 Dimensi

2.1 Penentuan pola gelombang sistem pengukuran alat ukur

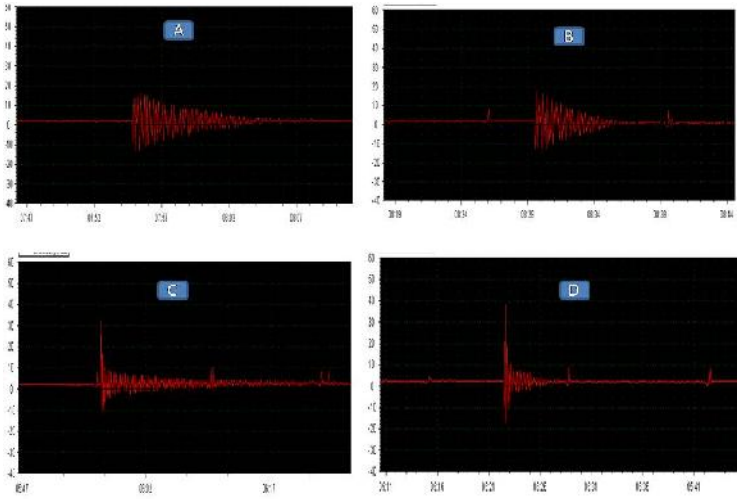
2.1.1 Pengukuran dalam waktu 15 menit tanpa diberi usikan dengan kondisi normal pada Gambar 6.



Gambar 6. Data tanpa usikan

Grafik pada Gambar 6 menunjukan pola saat alat yang dijalankan tanpa diberikan usikan, hal ini bertujuan untuk melihat pola grafik secara normal yang diakibatkan oleh *noise* pada alat. Terlihat adanya *noise* pada grafik. *Noise* ini akan mempengaruhi dalam mengidentifikasi pola ada tidaknya terjadinya getaran. Pada *noise* ini terlihat perubahan cacahan hitung (counts) dengan rentagan maksimal 8 (delapan) poin. Dapat dikalkulasikan kesalahan amplitudo yang terbaca oleh alat 8 x 0,0219 mm = 0,172 mm.

2.1.2. Pengukuran berulang dengan jarak yang sama terhadap usikan yang sama



Gambar 7. Pola pada jarak dan usikan sama

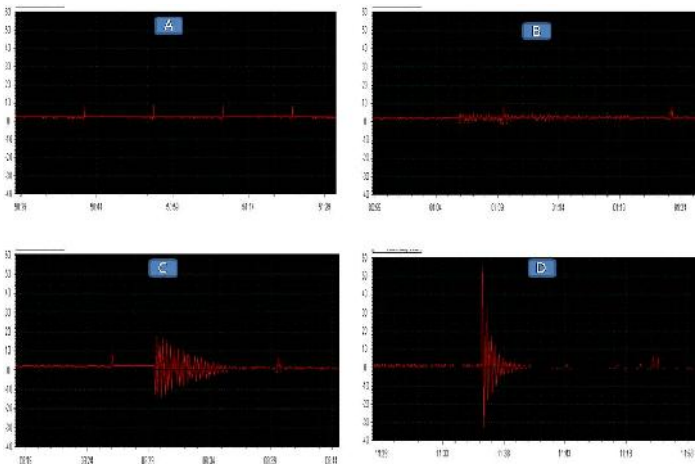
Pada Gamabr 7 terlihat 4 buah pola grafik, masing-masing pola ini merupakan hasil dari

usikan terhadap sensor pada jarak yang sama, yaitu 1 meter dan kemudian diberikan hentakan dengan menggunakan beban yang besarnya kurang lebih sama untuk tiap-tiap grafik. Dari grafik A, B, C dan D tampak pola yang sama. Dari garfik dapat dihitung amplitudo maksimum, pada grafik A poin count maksimum adalah 14 maka amplitudonya adalah 0,3066 mm, pada grafik B poin count maksimum adalah 16 maka amplitudonya adalah 0,3504 mm, pada grafik C poin count maksimum adalah 17 maka amplitudonya adalah 0,723 mm, pada grafik D poin count maksimum adalah 17 maka amplitudonya adalah 0,723 mm. dari grafik tidak terlihat bagian pemisahan gelombang badan dan gelombang permukaan.

2.1.3 Pengukuran berulang dengan jarak yang berbeda terhadap usikan yang sama

Pada grafik B jarak hentakan yang diberikan sebesar 1,5 meter, pada pola ini terlihat perobahan pola dari posisi normalnya, juga terlihat count maksimum adalah 7 maka amplitudonya adalah 0,1533 mm. Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor, terlihat pola gelombang hanya saja tidak terlihat bagian pemisahan gelombang badan dan gelombang permukaan.

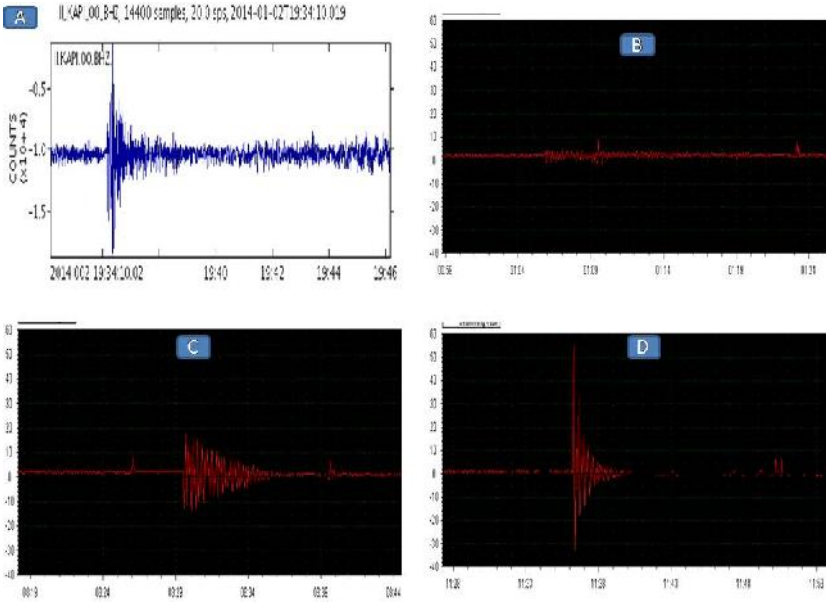
Pada grafik C jarak hentakan yang diberikan sebesar 1 meter, pada pola ini terlihat perobahan pola dari posisi normalnya. juga terlihat count maksimum adalah 16 maka amplitudonya adalah 0,3504 mm, Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor, terlihat pola gelombang dan amplitudonya lebih besar dari pola gelombang yang terjadi pada jarak 1,5 meter, hanya saja tidak terdapat pola gelombang P dan S. Pada grafik D jarak hentakan yang diberikan sebesar 0,5 meter, pada pola ini terlihat perobahan pola dari posisi normalnya. juga terlihat count maksimum adalah 53 maka amplitudonya adalah 1,1607 mm. Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor, terlihat pola gelombang dan amplitudonya lebih besar dari pola gelombang yang terjadi pada jarak 1 meter, hanya saja tidak terlihat bagian pemisahan gelombang badan dan gelombang permukaan.



Gambar 8. Jarak berbeda usikan sama

2.1.4 Perbandingan Pola gelombang dari stasiun pencatat gempabumi terhadap pengukuran berulang dengan jarak yang berbeda terhadap usikan yang sama

Gambar menunjukan pola grafik pada gelombang yang dibandingkan dengan pola grafik yang tercatat pada salah satu stasiun pengamat gempa yang mencatat terjadinya gempa yang jaraknya dekat dengan stasiun pengamat (grafik A) , dari pola grafik A yang juga sulit untuk menentukan bagian gelombang P dan S kemudian dibandingkan terhadap B, C dan D terdapat kemiripan terhadap pola gelombang.



Gambar 9. Data pengamat gempa (A) dan data alat ukur (B,C,D)

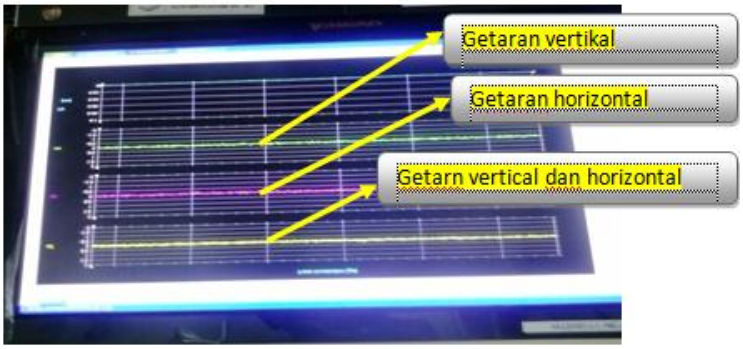
3. Hasil Pengukuran Dengan Membandingkan Dengan Alat Standar Di Bmkg Padang Panjang

Adapun alat-alat yang digunakan di badan meterologi klimatologi dan geofisika Padang panjang dalam penentuan parameter gempa bumi adalah sebagai berikut:

a. Seismograf

Seismometer berasal dari bahasa Yunani yaitu *seismos* berarti gempa bumi dan *metero* yang berarti mengukur. Seismometer adalah sebuah alat atau sensor getaran, yang biasanya dipergunakan untuk mengetahui kekuatan gempa bumi. Seismometer yang dirangkai dengan alat yang mencatat parameter gempa disebut seismograf. Hasil rekaman dari alat ini disebut seismogram.

Rekaman ini dapat dipergunakan salah satunya untuk menentukan magnitudo gempa tersebut. Selain itu dari beberapa seismogram yang direkam ditempat lain, dapat menentukan pusat gempa atau posisi dimana gempa tersebut terjadi. Hasil keluaran dari seismograf dapat dilihat pada Gambar 10.

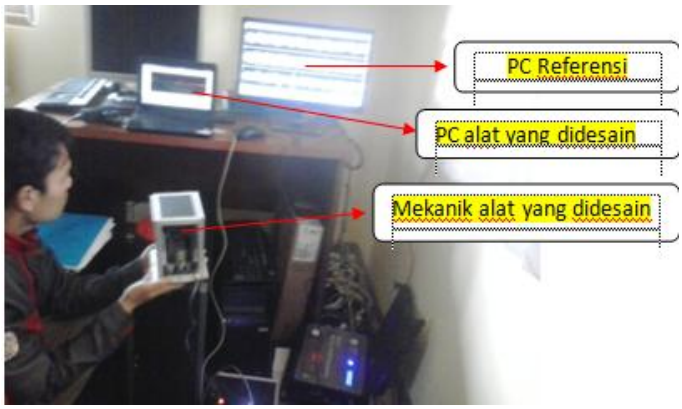


Gambar 10. tampilan pc alat ukur seismograf

Gambar 39, merupakan tampilan pc dari output seismograf tanpa ada getaran. Pada gambar terlihat tiga buah garis berwarna hijau, ungu dan kuning. Dimana warna hijau merupakan tampilan output dari getaran vertical, warna ungu tampilan output dari getaran horizontal, sedangkan warna kuning tampilan output dari getaran vertical dan horizontal.

Gambar 11. tampilan perangkat alat ukur gempa di BMKG dan alat ukur yang didesain

Gambar 11 pengolah sinyal alat ukur getaran gempabumi. Dimana bagian mekanik akan merespon getaran yang terjadi, getaran yang direspon akan dikirim ke rangkaian pengolah sinyal. Hasil dari sinyal yang diolah dikirim ke *personal computer* via USB.

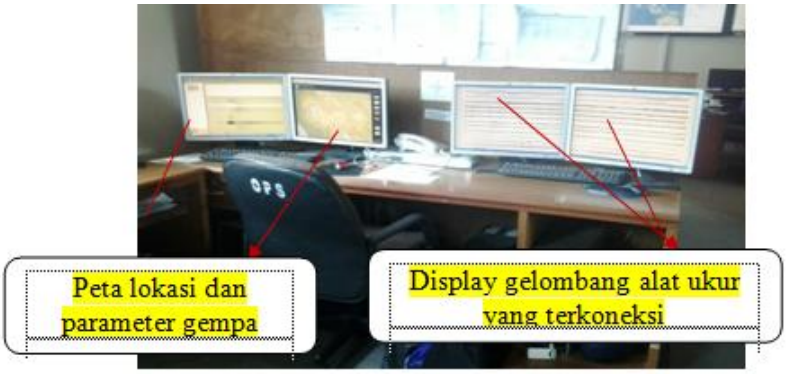


Gambar 11. pengaruh getaran pada mekanik yang diangkat terhadap keluran di pc sebelah kiri

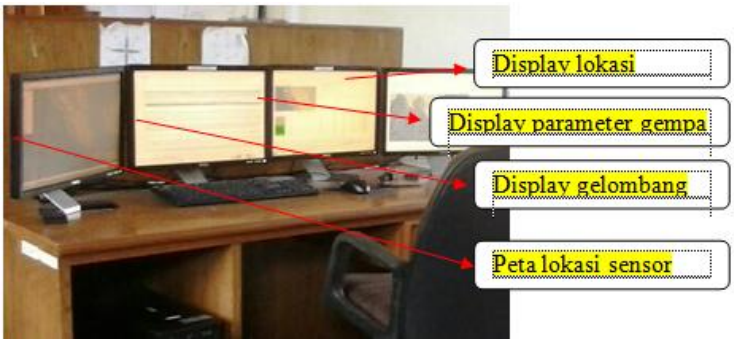
Gambar 11 merupakan gabungan antara mekanik, pengolah sinyal dan tampilan PC alat ukur getaran gempabumi. Kumpulan dari beberapa elemen ini dapat nantinya ditentukan parameter gempa yang diinginkan.

b. Accelerograph

Accelerograph merupakan alat perekam percepatan pergerakan permukaan tanah saat terjadi gempa. Keluaran dari perekam percepatan pergerakan permukaan tanah dapat dilihat pada gambar berikut:

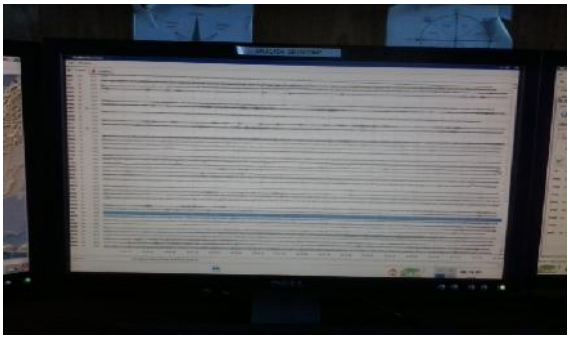


Gambar 12. tampilan pc untuk alat ukur gempa accelerograph



Gambar 13. empat buah pc (di bagian kiri) untuk memantau kekuatan dan lokasi pusat gempa

Dari Gambar 12 dan 13 terlihat empat buah *personal computer* untuk menampilkan parameter gempa, dimana: komputer bagian kiri merupakan peta lokasi sensor diletakkan, komputer nomor dua dari kiri merupakan tampilan dari gelombang gempabumi yang terdeteksi, komputer nomor dua dari kanan menampilkan besar magnetudo serta kedalaman pusat terjadinya gempa dari permukaan laut serta menampilkan sorotan pusat gempa dan komputer bagian kanan merupakan tampilan lokasi lengkap tempat terjadinya gempa.



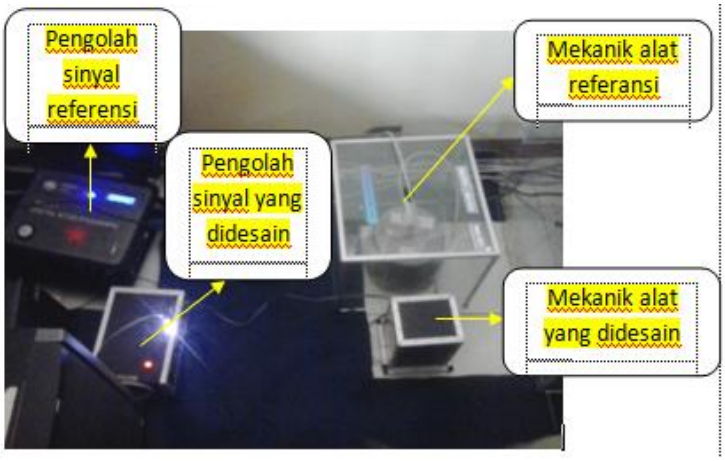
Gambar 14. tampilan pc alat ukur gempa yang terkoneksi ke BMKG *centre*

Gambar 14 merupakan tampilan gelombang-gelombang alat ukur yang terkoneksi ke stasiun pemantau terjadinya gempa

1. Mengkalibrasi alat ukur gempa yang telah didesain.

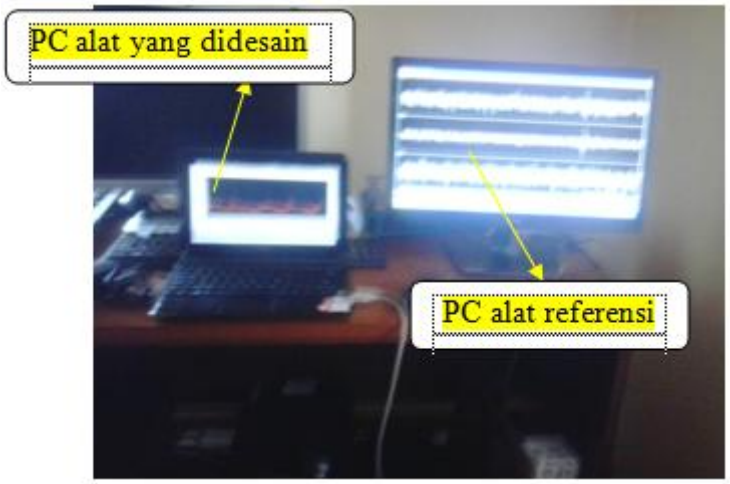
Kalibrasi perlu dilakukan agar alat ukur yang telah dibuat mencapai tingkat *pressisi* dan *acurasy* yang tinggi sehingga alat ini dapat dijadikan sebagai referensi alat ukur getaran untuk applikasi gempabumi kedepannya.

Adapun langkah-langkah kalibrasi alat ukur yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. mekanik serta pengolah sinyal alat ukur gempa yang didesain(depan) dan alat ukur gempa di bmkg.

Dari Gambar 15 terlihat bentuk tampilan mekanik dari alat ukur referensi dan alat ukur yang didesain, pada dasarnya sistem kerja bagian mekanik ini sama namun alat ukur yang didesain terfokus pada pengukuran getaran arah vertical. Dimana sensor fluxgate akan mendeteksi besarnya getaran dengan memenfaatkan perubahan medan magnet yang dipasang tegak lurus dengan sensor.



Gambar 16. respon alat terhadap usikan yang diberikan

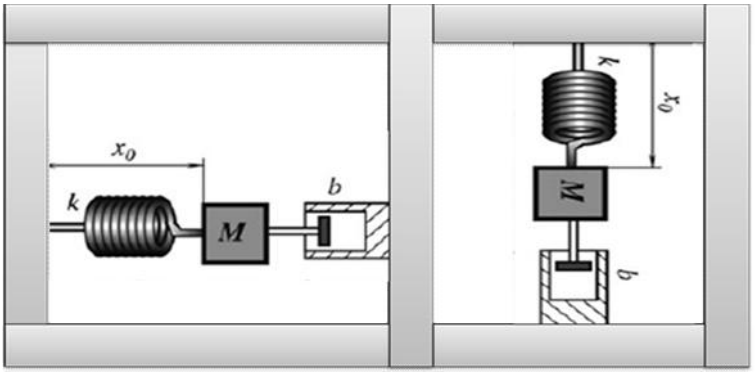
Gambar 16 merupakan proses kalibrasi alat ukur yang didesain serta membandingkan isyarat keluarannya dengan alat ukur di BMKG Padang panjang.

Gambar17. respon maksimum alat terhadap usikan yang diberikan

Gambar 17 merupakan tampilan respon maksimum yang dapat dideteksi dari alat ukur yang didesain,

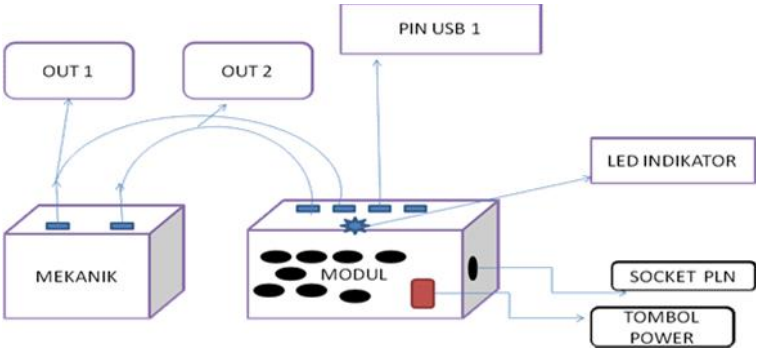
B. Hasil-Hasil Penelitian Terhadap Perancangan dan pembuatan sistem mekanik getaran gempabumi 2-D

Sistem perancangan mekanik pada alat ukur getaran 2-D ini terdiri dari beberapa komponen diantaranya pegas, tiang penyanggah, tali halus, magnet, sensor fluxgate seperti terlihat pada Gambar 18.



Gambar18. Rancangan sistem mekanik alat gempabumi 2D

Gambar 18 merupakan rancangan mekanik alat deteksi getaran 2-D dimana: *k* adalah pegas yang berosilasi pada titik keseimbangannya, *M* merupakan benda bermassa yang berfungsi sebagai peredam, $mgnt_1$ merupakan magnet yang akan berosilasi mengikuti pergerakan pegas arah horizontal, $mgnt_2$ berosilasi mengikuti pergerakan pegas arah vertikal dan S_1 adalah sensor *fluxgate* yang akan mendeteksi perubahan posisi magnet arah horizontal sedangkan S_2 merupakan sensor *fluxgate* yang akan mendeteksi perubahan posisi magnet arah vertikal. Besarnya getaran vertikal maupun horizontal setara dengan respon yang diberikan dikurangi dengan efek redaman akibat gesekan dan redaman pegas. *Chasing* pengolah sinyal alat deteksi getaran dapat dilihat pada Gambar 19



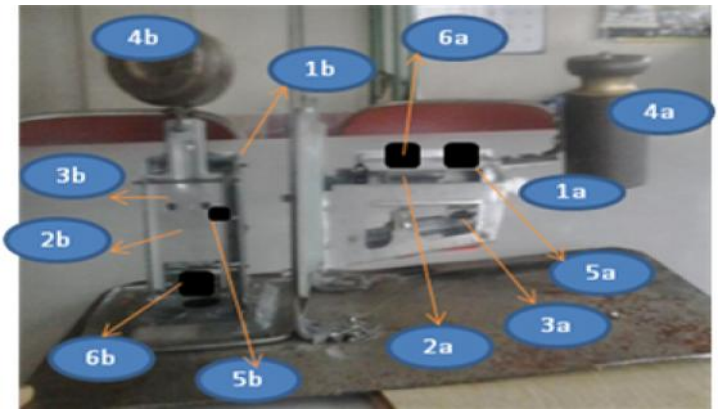
Gambar 19. Desain *chasing* mekanik dan pengolah sinyal.

Dimana, *out* 1 merupakan keluaran sensor hasil deteksi gerakan magnet arah vertikal, *out* 2 merupakan keluaran sensor hasil deteksi gerakan magnet arah horizontal, *pin USB 1* bagian *output* mikrokontroler yang akan di tampilkan dipersonal *computer*, Led indikator sebagai indikasi terhubung atau tidaknya mikrokontroler ke personal *computer* dan *Socket PLN* sebagai *supplay* daya untuk mengaktifkan alat deteksi getaran serta tombol *power* merupakan tombol on/off alat deteksi getaran.

C. Hasil Penelitian Sistem Getaran 2 Dimensi

1. Spesifikasi performansi alat deteksi getaran

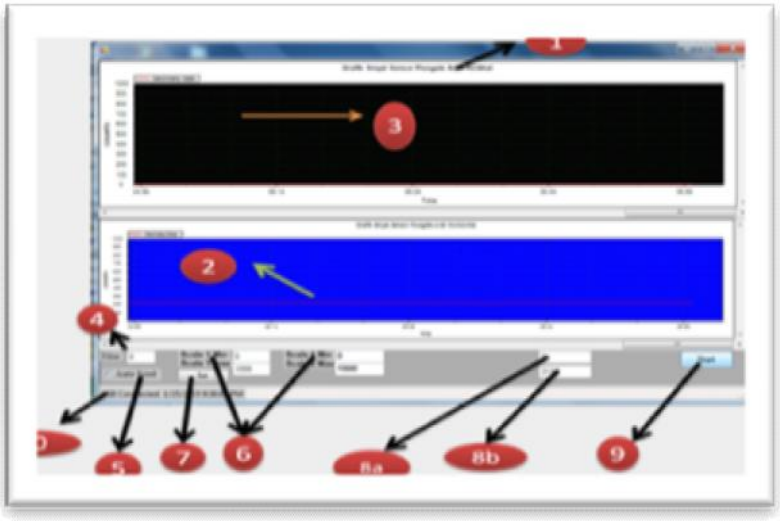
Sistem alat deteksi getaran 2_D yang dirakit menggunakan prinsip sensor *fluxgate* dengan aplikasi pegas dan benda yang memiliki berat, jika terjadi getaran maka alat ini ikut bergetar sehingga merespon sensor *fluxgate*. Adapun bentuk fisik dari sistem alat deteksi getaran 2_D ini terlihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Sistem mekanik sensor *fluxgate*

Sistem mekanik ini nantinya akan menjadi tolak ukur getaran yang terjadi. Saat ada getaran maka sistem mekanik ini ikut bergetar sehingga sensor *fluxgate* akan merespon getaran tersebut. Sistem mekanik sensor ditutupi oleh box berukuran 29 x 18 x 35 cm dan terdiri dari (1a) Kalibrator arah horizontal. (1b) Kalibrator arah vertikal. (2a) Lengan ayun arah horizontal, (2b) Lengan ayun pada arah vertikal, (3a) Pegas sebagai ‘osilator efek’ arah horizontal, (3b) Pegas sebagai ‘osilator efek’ arah vertical, (4a) Beban dengan berat ±1 Kg arah horizontal , (4b) Beban dengan berat ±1 Kg arah vertical, (5a) magnet arah horizontal, (5b) magnet arah vertical, (6a) sensor fluxgate yang mendeteksi perubahan posisi magnet arah horizontal, (6b) sensor fluxgate yang mendeteksi perubahan posisi magnet arah vertikal.

Pengoperasian perangkat alat deteksi membutuhkan PC. PC yang digunakan dengan spesifikasi telah menggunakan minimal *net framework 4.0,* dalam menjalankan alat deteksi digunakan *software* pendukung yang telah dibuat dengan *visual basic* bahasa pemograman C# yaitu Tool Driver. *Tool Driver* digunakan untuk menampilkan grafik, monitoring dan penyimpanan data. Tampilan *software* seperti pada Gambar 21.

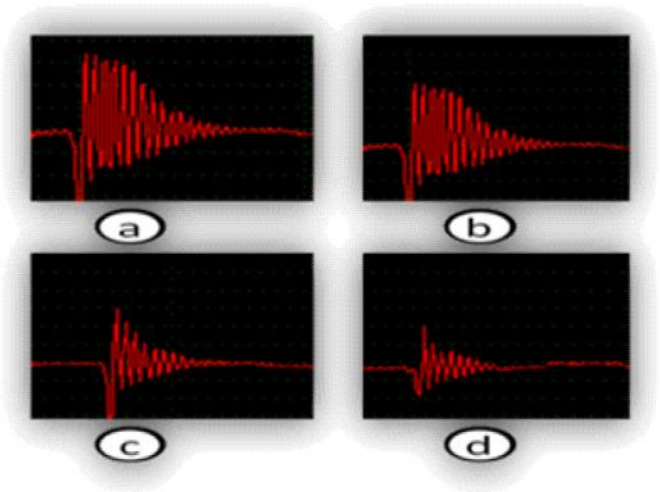


Gambar 21. Tampilan tool driver

Dalam tampilan *software* terlihat program yang sedang dijalankan, dimana (1) Merupakan title untuk grafik. (2) Merupakan grafik yang diplot dari data getaran arah horizontal, (3) Plot data alat deteksi getaran arah vertical. (4) Merupakan filter *noise*. (5) Merupakan *auto scrol*. (6) Untuk menginput nilai skala pada sumbu *counts* yang kita inginkan (7) Button set. (8a) text box arah vertikal dan (8b) nilai hitungan pada arah horizontal. (9) On/off pengambilan data. (10) Status strip yang menginformasikan koneksi USB antara PC dan perangkat alat ukur.

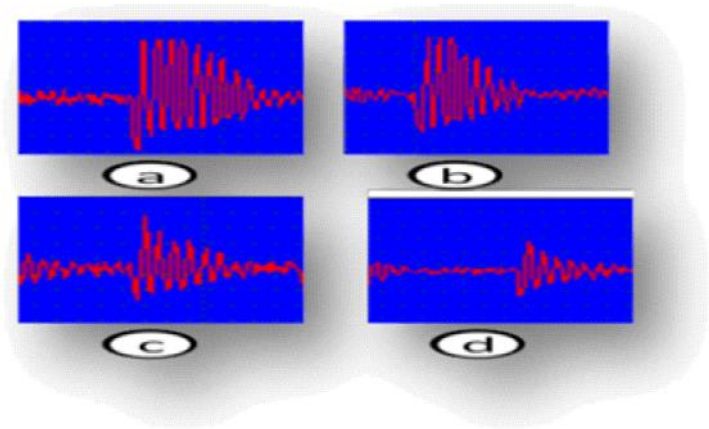
2. 2. Hasil deteksi getaran dua dimensi menggunakan sensor *fluxgate*

Hasil dari alat deteksi getaran untuk jarak hentakan yang berbeda, dimana a) merupakan hasil interface PC dengan jarak hentakan 0,5 m, b) dengan jarak hentakan 1 m dan c) dengan jarak hentakan 1,5 m, sedangkan d) dengan jarak hentakan 2 m, seperti ditunjukkan Gambar 22.



Gambar 22. *Interface* hasil deteksi arah vertikal

prinsip kerja dari alat deteksi getaran ini adalah berawal dari medan magnet yang direspon oleh sensor *fluxgate* dan kemudian diolah oleh rangkaian pengolahan sinyal. Pada rangkaian pengolahan sinyal, sinyal pulsa yang didapat diubah dalam bentuk tegangan listrik. Tegangan listrik ini kemudian di ubah kedalam bentuk data digital oleh mikrokontroler dan data digital dikirim ke PC yang kemudian diolah dengan program aplikasi yang telah dibuat sehingga data digital dapat diinterprestasikan kedalam bentuk grafik Gambar 23.



Gambar 23. *Interface* hasil deteksi arah Horizontal

D. Perbandingan Karakteristik sistem Getaran Gempabumi 2-D dengan alat ukur BMKG Padang Panajng.

Penentuan karakteristik sistem terdiri dari spesifikasi performansi beserta bagian-bagian yang mendukung sistem getaran dua gempabumi 2-D baik untuk perangakt keras (mekanik) maupun perangkat lunak, sedangkan penentuan pengukuran terdiri dari kalibrasi, penentuan ketepatan dan ketelitian baik skala laboratorium maupun pengukuran insitu.

Penentuan spesifikasi performansi pada sistem alat ukur ini dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi-fungsi pada setiap bagian penyusun dari sistem alat ukur dengan cara melakukan pemotretan setiap bagian sistem alat ukur serta menjelaskan fungsi-fungsi dari setiap bagian tersebut. Penentuan ketepatan sistem pengukuran alat ukur.

Ketepatan adalah nilai atau hasil pengukuran yang mendekati nilai pengukuran yang sebenarnya. Ketepatan pada sistem pengukuran ini ditentukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sistem dengan alat ukur standar berupa kalibrator getaran dan menyelidiki ketepatan pengukurannya. Adapun langkah-langkah dalam menentukan ketepatan pada sistem ini adalah:

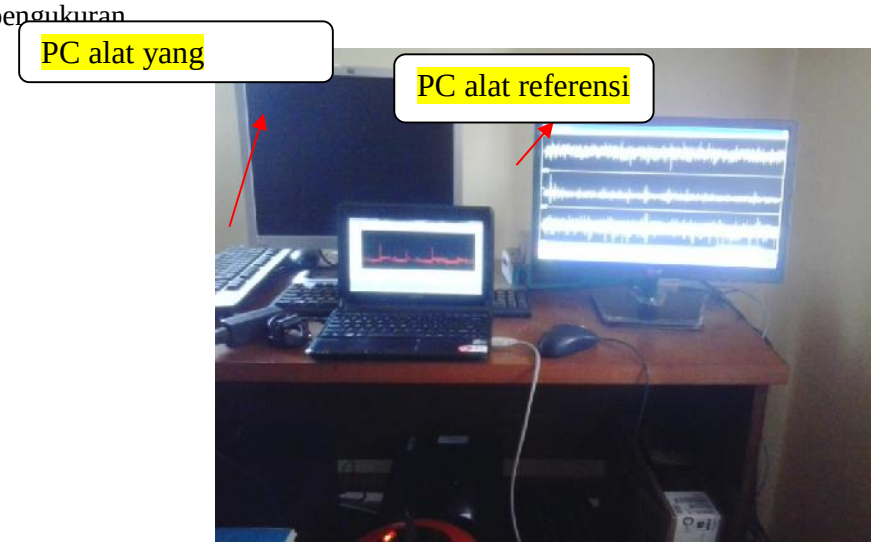
- Mengatur dan mengaktifkan alat ukur getaran *real time* PC menggunakan sensor *fluxgate* agar bekerja secara benar dan normal.

- Meletakan alat pada *holder kalibrator* getaran dan kemudian digetarkan dengan nilai frekuensi yang divariasikan nilainya.
- Membandingkan hasil data pengukuran pada alat terhadap nilai ukur pada kalibrator getaran.
- Menentukan persentase kesalahan pengukuran oleh sistem alat ukur getaran 2D.

Ketelitian sistem pengukuran dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sistem dengan alat ukur standar kemudian dilakukan pengukuran berulang dan memasukkan data ke dalam tabel serta menyelidiki ketelitian dari sistem alat ukur. Adapun langkah-langkah dalam menentukan ketelitian pada sistem ini adalah:

- mengatur dan mengaktifkan alat ukur getaran *real time PC* menggunakan sensor *fluxgate* bekerja secara benar dan normal.
- Meletakan alat pada *holder kalibrator* getaran dan kemudian digetarkan dengan nilai frekuensi yang telah ditetapkan nilainya.
- Melakukan pengulangan pengukuran sebanyak sepuluh kali pengukuran.

Menentukan nilai rata-rata, standar deviasi, kesalahan mutlak dan kesalahan relatif serta melaporkan hasil pengukuran



Gambar 24. respon alat terhadap usikan berupa hentakan kaki orang dewasa.

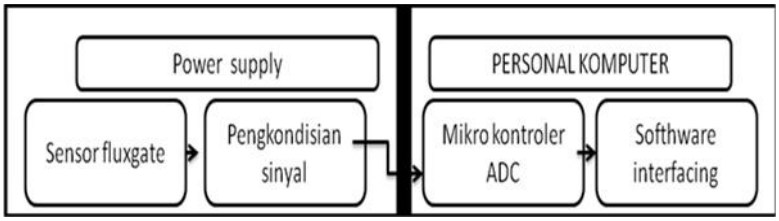
Gambar 48, perbandingan *output* antara alat ukur yang didesain dengan alat ukur referensi(gelombang baris ke_3). Dari tampilan terlihat respon alat terhadap usikan yang sama, namun pada bagian mekanik alat ukur yang didesain mengalami tingkat sensitivitas yang rendah dibanding alat ukur referensi, hal ini disebabkan desain dan material yang digunakan dalam pembuatan chasing mekanik alat ukur getaran berbasis sensor fluxgate belom terlalu sensitife terhadap usikan yang diberikan.

E. Perancangan Dan Pembuatan Sistem Perangkat Lunak Getaran dengan Sistem Telemetri.

1. Rancangan Sistem Perangkat Lunak

Perancangan dan pembuatan perangkat lunak terdiri dari dua macam yaitu: pertama perangkat lunak untuk sistem sensor yang terintegrasi dengan mekanik alat ukur getaran yang ada pada sistim sensor dan kedua perangkat lunak yang terkait dengan sistem pelaporan data secara online ke pusat BMKG.

Sistem perangkat lunak sensor terdiri dari rangkaian power supply, sensor fluxgate, rangkaian pengkondisian signal, rangkaian mikrokontroler PIC 18F4550 dan sebuah PC yang telah dilengkapi oleh program *software interfacing* seperti software programmer visual C# serta software MPLAB X IDE. Blok diagram dari sistem perangkat lunak ini diperlihatkan pada Gambar 25.



Gambar 25. Blok diagram sistem kontrol sinyal.

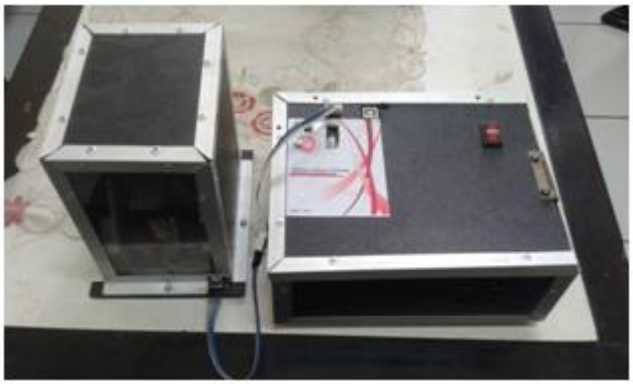
Sistem prototipe alat ukur ini terdiri dari rangkaian power supply, sensor *fluxgate*, rangkaian pengkondisian signal, mikrokontroler Atmega 328 dan sebuah PC yang telah dilengkapi oleh program *software interfacing* seperti *software programmer visual C#*. Blok diagram dari sistem alat ukur diperlihatkan pada Gamabr 26.

Gambar 26. Blok diagram system

Dari blok diagram pada Gambar 26 Menunjukkan sketsa perangkat keras pendukung sistem. Pada plant alat ukur terdiri sebuah sensor *Fluxgate* yang berfungsi sebagai sensor getaran. Keluaran sensor kemudian diolah oleh pengolah sinyal. Hasil data yang diolah oleh pengolah sinyal akan dikirim ke mikrokontroller secara *wireless*. Mikrokontroller akan memproses data yang diterima dari pengolah sinyal. PC digunakan sebagai pengolah data digital yang dikirim dari mikrokontroler. Sinyal digital diolah dan diplot dalam bentuk grafik menggunakan *software* aplikasi yang dibuat dengan menggunakan *software*C#.

2. Rancangan Perangkat Keras

Dalam penelitian ini dihasilkan sebuah alat ukur getaran satu dimensi menggunakan sistem *wireless*. Analisis alat ukur getaran terdiri atas *transmitter, receiver* dan tampilan grafik. Saat terjadi 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 4. Sistem alat ukur yang dirakit menggunakan prinsip sensor getaran dengan aplikasi pegas dan benda yang memiliki berat, jika terjadi getaran maka alat ini ikut bergetar sehingga merespon sensor *fluxgate*. Adapun bentuk fisik dari 132ystem alat ukur getaran ini terlihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Sistem Mekanik *transmitter*

Dari Gambar 27 terlihat ystem mekanik sensor *fluxgate* dan rangkaian pengolah sinyal. Sistem mekanik sensor di tutupi oleh box berukuran 13x10x15 cm sedangkan 132ystem mekanik pengolah sinyal di tutupi oleh box berukuran 20x10x8 cm. Sistem alat ukur terdiri atas mikrokontroller arduino uno dan *Xbee Pro* sebagai penerima data. Adapun bentuk fisik dari 132ystem alat ukur getaran ini terlihat pada Gambar 28.

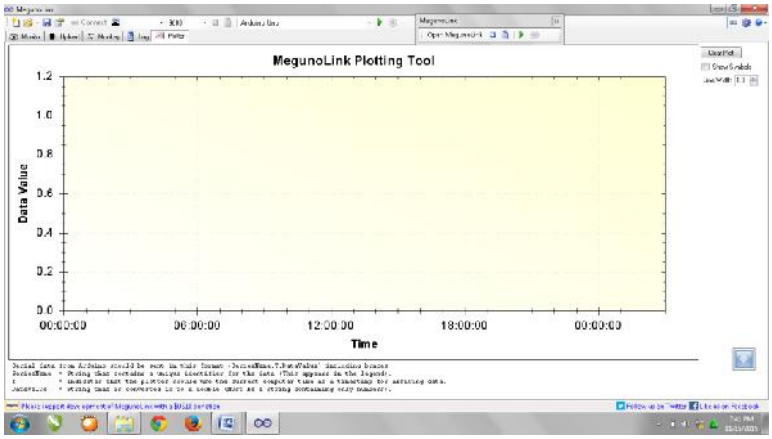
Gambar 28. Mekanik *receiver*

Dari Gambar 28 terlihat ystem mekanik *receiver*. Sistem mekanik sensor di tutupi oleh box

berukuran 7x4x3 cm. Sistem receiver ini akan megirimkan data pengukuran getaran ke PC.

3. Hasil Pengukuran Getaran dengan sistem telemetri

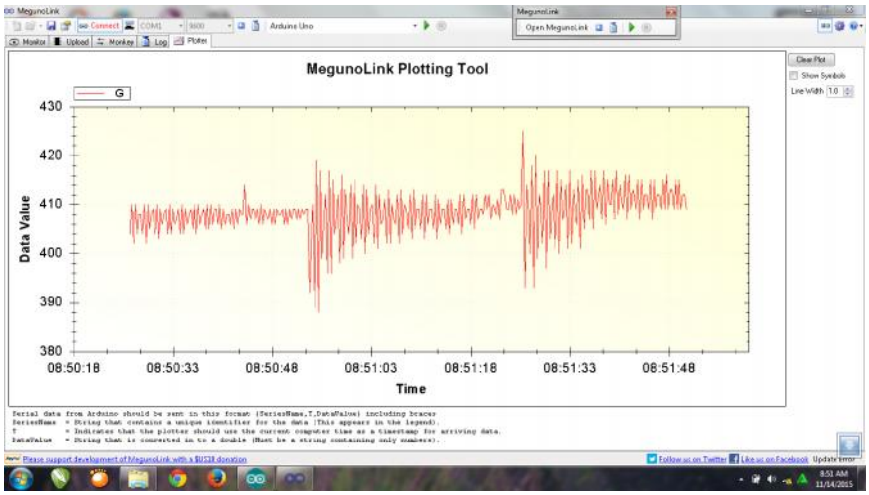
Proses pengambilan data menggunakan *MegunoLink.*. *Software* ini telah diprogram dapat menyimpan data, menyimpan data saat koneksi USB terputus dan saat program dihentikan. Data pengukuran getaran tersimpan dalam format *notepad.* Tampilan grafik pengukuran getaran terlihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Grafik Pengukuran getaran

1. Penentuan pola gelombang sistem pengukuran alat ukur

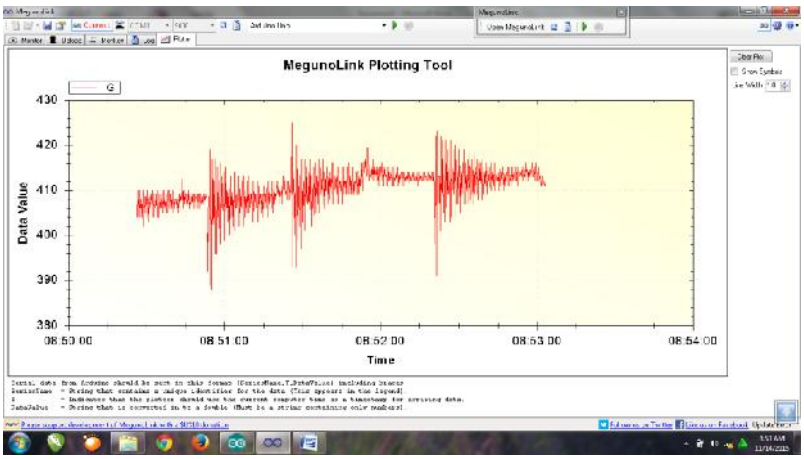
a) Pengukuran di luar ruangan dalam jarak 10 m dan diberi usikan terlihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Pola grafik pada jarak 10 m

Pada Gambar 30 Gambar terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 10 m. Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri wireless.

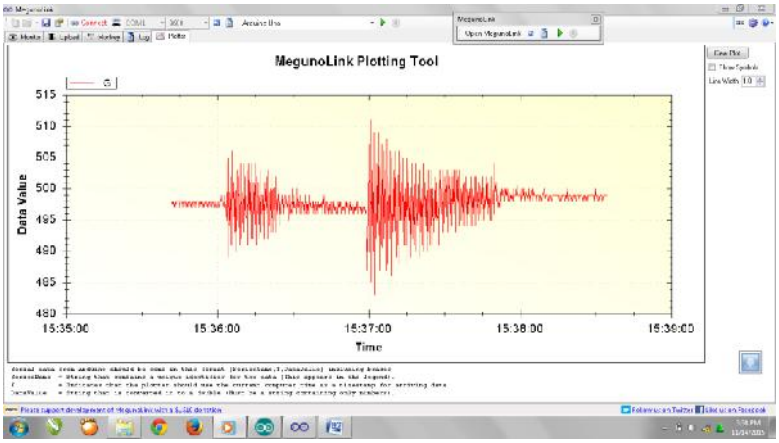
b) Pengukuran di luar ruangan dalam jarak 100 m dan diberi usikan terlihat pada gambar 31.



Gambar 31. Pola grafik pada jarak 100 m

Pada Gambar 31Gambar terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 100 m. Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri wireless.

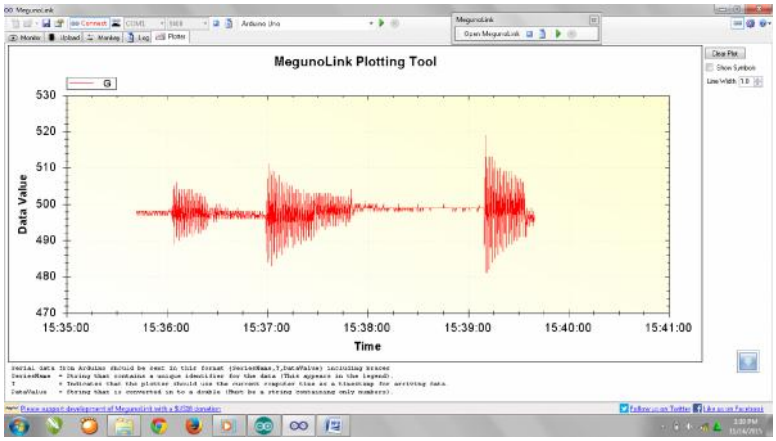
c) Pengukuran di dalam ruangan dalam jarak 10 m dan diberi usikan terlihat pada Gambar 32.



Gambar 32. Pola grafik pada jarak 10 m

Pada gambar 32Gambar terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 10 m dalam ruangan. Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri wireless.

d) Pengukuran di dalam ruangan dalam jarak 50 m dan diberi usikan terlihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Pola grafik pada jarak 50 m

Pada gambar 31Gambar terlihat sebuah pola grafik, pola ini merupakan hasil dari usikan terhadap sensor pada jarak 50 m dalam ruangan. Hal ini menunjukan gelombang dari hentakan dapat direspon oleh mekanik sensor dan data dapat terkirim melalui sitem telemetri wireless.

BAB VII. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah diperoleh mulai dari tahun I sampai tahun III dapat disimpulan bahwa penelitian berjalan dengan baik dan sesaui dengan tahapan-tahapan penelitian, Beberapa hasil tersebut antara lain:

1. Alat ukur getaran 1-D dan 2-D dengan performansi sesaui dengan karakteristik alat ukur masing-masing.
2. Kedua alat ukur getaran 1-D dan 2-D telah diujicobakan dilakosi pengkuran dengan memabdingkan hasil-hasil pengukuran alat yang dibuat dengan alat ukur standar yang ada di kontor BMKG Padang Panjang Sumatera Barat
3. Hasil-pengukuran alat yang dikembangkan sudah menujukkan pola keluaran yang sama dengan alat ukur standar yang ada di BMKG
4. Hasil-hasil penelitian sudah dipublikasikan ditingakt nasional maupun internasional
5. Penelitian ini berhasil melibatkan 4 orang mahasiswa S, saat laporan kahir ini dibuat 3 diantaranya sudah menyelesaikan pendidikannya, sedangkan satu agi masih sedang proses penyelesaian.

B. Saran

Untuk pengembangan berikutnya perlu diuji dilapangan dengan sumber getaran gempa. Untuk itu diperlukan pengujian secara riltime dengan memasang alat didaerah rawan gempabumi, kendala lain adalah sumber listrik untuk catu daya alat yang harus tersedia dalam waktu yang panjang. Alat ukur yang dikembangkan ini dapat di aplikasi lebih jauh untuk mendeteksi tsunami yang terjadi akibat gempabumi.

DAFTAR PUSTAKA

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.

Dorman, Scott. 2010. *Sam Teach Yourself Visual C# 2010 Complete Stater Kit in 24 Hours*. Pearson Education:USA

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

Hadi, dkk. 2012. "*Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*". Simetri, 2 (1): 81-86

Haywick. 2008. *Geophysics and Earthquakes*. GY 111 Lecture Note Series.

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

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

Marchand, Rich. 1999. "*Exploring Earthquake Induced Structural Vibrations*" Int. J. Engng Ed. 6 (15) : 477-485

Mohorovicic, Andrija. 2009. " *Effects of earthquakes on buildings*". Geofizika, 26 (1).

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

Prasetio, Lea. 1992. *Teori Getaran Dengan Aplikasinya*. Jakarta: Erlangga.

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

Soedojo, Peter. 2011. *Dasar-Dasar Getaran Mekanis.* Yogyakarta: ANDI.

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

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

DAFTAR PUBLIKASI HASIL-HASIL PENELITIAN

1. **Yulkifli**, Syafriani, Devi Sidiq dan Rahadi Wirawan. (2015). Vibration Measurement Instrument Design Based on Fluxgate Sensor for Early Warning of an Earthquake Disaster, **Proceedings 7th International Conference on Physics and Its Applications 2014 (ICOPIA), Surabaya, The authors - Published by Atlantis Press.** (tersedia secara on-line dan terdaftar di Thomson ISI (CPCI, Web of Science), Elsevier (EI Compendex, Scopus) dan google scholar.
2. **Yulkifli,** Yohandri, Zulpadrianto. (2015), Development of 2D Vibration Detector Using Fluxgate Sensor Based on Personal Computer**. Proceedings, The International Conference on Mathematics, Science, Education and Technology (ICOMSET 2015), October 22, 2015, Padang, Indonesia**
3. **Yulkifli**, (2015), Sensor Magnetik Fluxgate Untuk Mengukur Getaran. **Draft Usulan Paten** (sedang Proses).
4. **Yulkifli** (2015). Sensor Fluxgate Dan Aplikasinya Untuk Berbagai Getaran. **Draft Buku Teks**. UNP Press (sedang Proses).
5. **Yulkifli,** Yohandri, Rahmat Triyono, Mitra Djamal. Fluxgate Development for Low Frequency Vibration Sensor and its Earthquake Aplication**. Draft Journal Internasional: JINST, 2015: http:/ /www.iop.org/EJ/journal**
6. Zupadrianto, **Yulkifli**, Yohandri. (2015). Pembuatan Sistim Interface Digital Untuk Display Data Getaran Dua Dimensi Dengan Sensor Fluxgate. Pillar Of Physics, Vol 5. April 2015, 09-16.
7. Devi Sidik, **Yulkifli** dan Syafriani (2014). Pembuatan Sistem Interface Sinyal Analog ke Dalam Bentuk Digital Untuk Data Getaran Sensorf Fluxgate 1-D. Pillar of Physics, Vol.2. November 2014 65-72.
8. Yoggy Refiyon, **Yulkifli**, Fakhrur Razi.(2014). Pembangkit Getaran Frekuensi Rendah Menggunakan Sensor Optocoupler. Jurnal Pillar of Physics, Vol. 1. April 2014., 73-80.

Lampiran 1. Artikel Ilmiah

Cpyriht FMIPA UNP 2015
Proceedings ICOMSET, 22 November 2015,
ISBN 978-602-19877-3-5

DEVELOPMENT OF 2D VIBRATION DETECTOR USING FLUXGATE SENSOR BASED ON PERSONAL COMPUTER

Yulkifli[1], Yohandri[1], Rahmat Triyono[2] Zulpadrianto[3]
[1] Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP
[2] Kepala BMKG Padang Panjang
[3] Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP
e-mail: *yulkifliamir@gmail.com*

ABSTRAK

The development of 2D vibration detector using fluxgate sensor based on personal computer has been done. This detector can be oprated for both vertical and horizontal axist. In previous work., the vibration detector has been develop for limited 1D. The detection system consist of hardware and software part. The hardware part, consist of fluxgate sensor circuit and interfaceing. Digiliization of analog fluxgate sensor output is done using ADC in microcontroller. The vibration data is processed using software develop with visual basic (C# language) and MPLAB IDE. The processed data is presented in personal computer display with 2D graph as fungtion of time

Keywords: *2D, Vibration detector, fluxgate, personal computer*

Artikel ilmiah 1 **Atlantis Press Proceedings 2015**

(tersedia secara on-line dan terdaftar di Thomson ISI (CPCI, Web of Science), Elsevier (EI Compendex, Scopus) dan google scholar.

Vibration Measurement Instrument Design Based on Fluxgate Sensor for Early Warning of an Earthquake Disaster

Yulkifli[1], Syafriani[1], Devi Sidiq[1], Rahadi Wirawan[2]

[1]Jurusan Fisika FMIPA UNP, Jl. Prof. Hamka Air Tawar Padang 25131 Indonesia
[2]Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62 Mataram 83125 Indonesia
Email: **yulkifliamir**@yahoo.com

Abstract. Earthquake phenomena can be observed and monitoring through the presence of the vibration. In order to monitoring the vibration, fluxgate sensor can be applied based on magnetic flux change. In this research, a vibration measurement instrument based on the fluxgate sensor for an earthquake monitoring application has been made. It's supported by a personal computer for data control and output display in the real time measurement. An amplitude vibration sensitivity of this instrument it's about 2.19 x 10^{-3} cm. The vibration test was conducted in the laboratory using a certain vibration sources. We have the similarities wave pattern comparing to the seismograph data.

Keywords: fluxgate, vibration, sensor, earthquake, sensitivity

Artikel 2

Dimuat dalam Pillar of Physics, vol.1, April 2014, 73-80

PEMBANGKIT GETARAN FREKUENSI RENDAH MENGGUNAKAN SENSOR *OPTOCOUPLER*

Yoggy Refiyon[1], Yulkifli[2] Pakhrur Razi[3]

[1]Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email : refiyonyoggy@gmail.com

[2]Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email: yulkifliamir@yahoo.com

[3]Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email:

ABSTRACT

Sensor is main component in measuring and controlling system. Somemany sensor using high technology in fabrication, like vibration sensor. It is making vibration sensor have high cost and rare. Because of that many researchers develop the vibration sensor, so that can ben get a sensor with low cost and good characteristic. To develop a vibration sensor with good characteristic needed a low frequency vibration generator as sensor calibrator. The goal of this research is knowing performance and design specification of low frequency vibration generator using optocoupler sensor. Kind of this research is laboratory experiment, and measurement technique and collecting data executed by directly and indirectly. Directly measurement is measuring output of sensor and time of count. Indirectly measurement is to determine accuration and precision of instrument. The data obtained through measurement analyzing in two methods, statics and graph. There are two result of this research, that are 1. Vibration generator that have two box casing(mechanical and electronic box), 2. Accuration of sensor is 94.4% with average of correctness 0.95477. Accuration average of vibration generator is 0.98 and the precision is 0.976.

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

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Salah satu ilmu yang berkembang pesat adalah ilmu pengetahuan alam, hal ini desebabkan karena Ilmu pengetahuan alam merupakan disiplin ilmu yang mengkaji gejala-gejala alam untuk mendapatkan suatu solusi atau kesimpulan.

Perkembangan ilmu pengetahuan alam tidak terlepas dari teknologi elektronika. Teknologi elektronika menghasilkan komponen elektronika canggih baik berupa sensor, tranduser atau dalam bentuk produk lainnya. Sensor merupakan piranti utama yang digunakan dalam sistem pengukuran maupun sistem pengontrolan. Dari sebuah sensor dapat dibangun suatu sistem yang bekerja otomatis dan mampu menganalisa fenomena-fenomena yang terjadi di alam. Sensor yang digunakan untuk membangun suatu sistem pengukuran atau pengontrolan berbeda-beda, sesuai dengan besaran yang dapat diindra oleh sensor tersebut. Sensor cahaya mengubah besaran cahaya menjadi sinyal listrik. Sensor suhu merubah derajat panas dan dingin menjadi besaran listrik. Sensor getaran merupakan sensor yang digunakan untuk mengkonfersi getaran menjadi sinyal listrik.

Sistem pendeteksi getaran mampu memberikan informasi berupa parameter getaran yang dideteksi oleh sensor. Melalui informasi ini dapat memberikan peringatan dini untuk mencegah kerusakan fatal akibat getaran. Sistem pendeteksi getaran dibutuhkan untuk mendeteksi getaran dan analisa kerja mesin, analisa kekuatan getaran jembatan, analisa kekuatan bangunan terhadap getaran, dan gempa. Khusus untuk gempa memerlukan alat getar dengan frekuensi rendah.

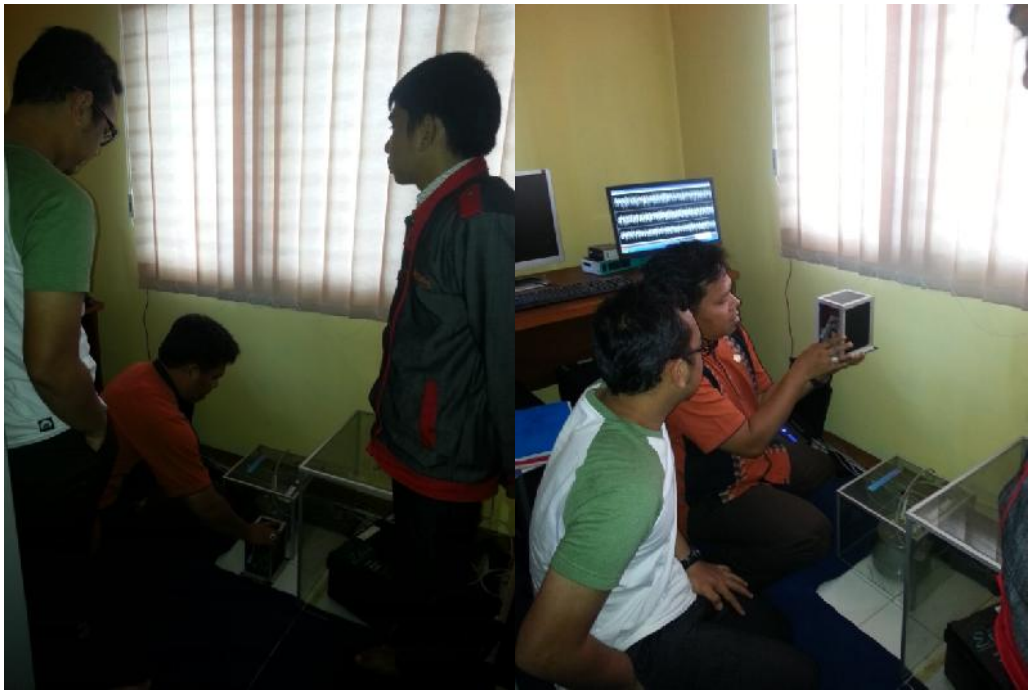
Pendeteksi getaran dapat menggunakan berbagai sensor maupun alat lainnya dalam merespon suatu getaran. Beberapa sensor yang dapat digunakan antara lain sensor *geofon, piezoelectrik, akselerometer,* dan sebagainya. Material yang digunakan dalam fabrikasi sensor-sensor tersebut umumnya adalah semikonduktor, serta meterial bersifat optik, dan logam. Pembuatan sensor menggunakan material ini membutuhkan teknologi tingkat tinggi, sedangkan di Indonesia belum memiliki teknologi tersebut sehingga mengakibatkan sensor-sensor tersebut memiliki

Lampiran 2. Produk Penelitian dan Pengukuran

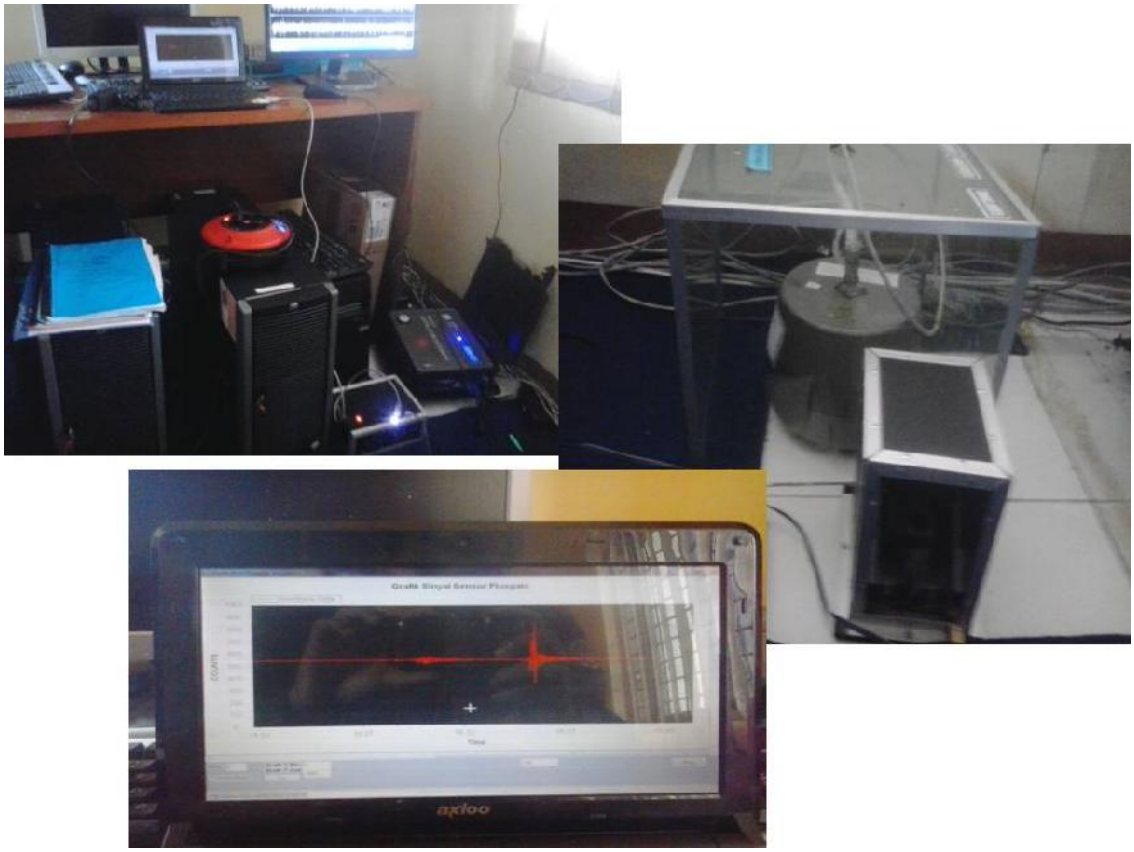
Gambar Alat ukur 1 dimensi

Gambar Foto pengujian Gataran dilapangan skala lab di Lokasi Kampus FMIPA UNP

Gambar Foto Kunjungan observasi ke BMKG Padang Panjang

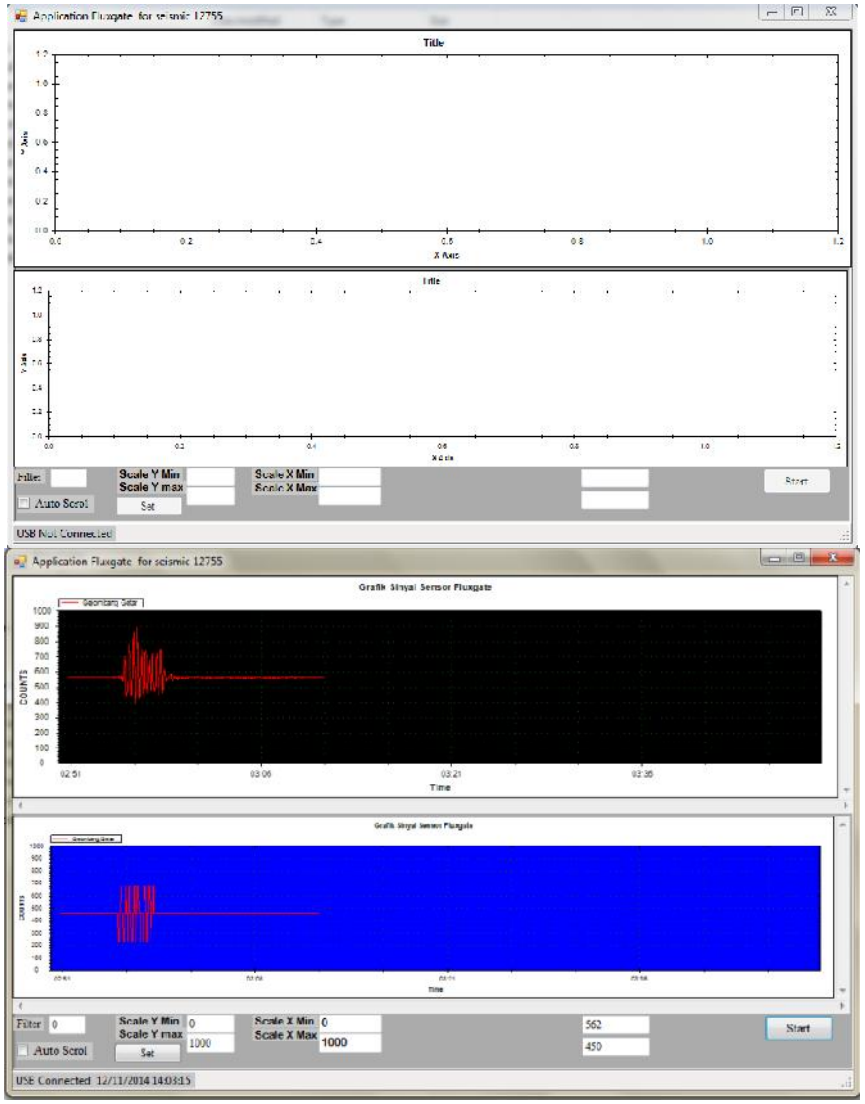


Gambar Foto Pemasagan alat untuk kalibrasi



Gambar Foto Pengujian dengan alat Standar di BMKG Padang Panjang

Foto Pengukuran dengan Sistem Telemetri.


Application Fluxgate for seismic 12755
Title
X Axis
Title
Filter
Scale Y Min
Scale Y max
Scale X Min
Scale X Max
Set
Start
Auto Scrol
USB Not Connected
Application Fluxgate for seismic 12755
Grafik Sinyal Sensor Fluxgate
COUNTS
Time
Filter 0
Scale Y Min 0
Scale Y max 1000
Scale X Min 0
Scale X Max 1000
562
450
Start
Auto Scrol
Set
USB Connected 12/11/2014 14:03:15

Lampiran 3. Cover Penelitian Mahasiswa

Saat laporan ini dibuat keTIGA mahasiswa ini sudah selesai dan diwisuda

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

PEMBUATAN ALAT UKUR GETARAN BERBASIS SENSOR *FLUXGATE* DENGAN DISPLAY PERSONAL COMPUTER (PC) UNTUK APLIKASI GEMPABUMI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains

OLEH

DEVESIDIQ

12755/2009

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2014

Pembuatan Alat Deteksi Getaran Dua Dimensi Menggunakan Sensor *Fluxgate*

Berbasis Personal Komputer

Oleh :

Zulpadrianto

Nim :1101422

Kelompok Bidang Kajian

ELEKTRONIKA DAN INSTRUMENTASI

JURUSAN FISIKA

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2015

Lampiran 4. Draft Paten

Yulkifli, Yohandri, Rahmat Triyono, Mitra Djamal
Universitas Negeri Padang
Email: yulkifliamir@yahoo.com
Hp: 081363413004

Deskripsi

SENSOR MAGNETIK *FLUXGATE* UNTUK MENGUKUR GETARAN GEMPABUMI

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan penggunaan sensor fluxgate untuk mengukur getaran gempabui 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

Lampiran 5. Draft Buku

Lampiran 5. Draft Artikel Draft Journal Internasional

Draft Journal Internasional: JINST, 2015: http://www.iop.org/EJ/journal

Fluxgate Development for Low Frequency Vibration Sensor and its Earthquake Aplication

Yulkifli[1], Yohandri[1], Rahmat Triyono [3], Mitra Djamal [4]

[1]Electronic and Instrumentation Research Group, Faculty of mathematics and natural sciences, Universitas Negeri Padang, Jl. Prof., Dr. Hamka Padang, 25131, Indonesia, (Tel: +62751 7057420, Fax: +62751 7055628; E-mail: yulkifliamir@yahoo.com)

[2]Instrumentation Research Group, Faculty of mathematics and natural sciences, Universitas Riau. Jl. HR Subrantas km 12,5 Pekanbaru, Riau 28293 – Indonesia, (Tel: +62 (0)761 63273, Fax: +62 (0)761 63279; E-mail: rahmon@gmail.com)

[3]Theoretical High Energy Physics and Instrumentation Research Group, Faculty of mathematics and natural sciences, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa 10, Bandung, 40132, Indonesia.

[4]Kepala BMKG Padang Padang Panjang.

Abstract

Fluxgate magnetic sensor has several advantages over other sensors such as Hall effect, GMR, AMR and SQUID. Fluxgate advantages among others are: able to measure the magnetic field in a very small order (nT), has a very high sensitivity, small size, low power requirements, and have high stability against temperature. This paper describes the development of fluxgate sensor for low frequency vibration. Vibration amplitude and frequency observed in the PC using C program. To generate amplitude and low frequency, the vibration mechanical sources has been made which its amplitude and frequency can be adjusted. Based on the analysis, the sensor can detect frequencies from 0.14 Hz to 1.15 Hz with the linearity 1.3% and the resolution 0.017 Hz.

Key words: Development, Fluxgate, vibration, frequency