

## **DESAIN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR MEDAN MAGNETIK PASIR BESI BERBASIS SENSOR *FLUXGATE***

Febri Nanda Farsito\*, Yulkifli\*\*, Fatni Mufit\*\*

\*Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Padang25131

\*\* Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Padang25131

### **ABSTRACT**

*Measurement of magnetic fields is important because many objects are magnetic and rewarding life. One thing that is both magnetic and used in this study were iron sand. To measure the magnetic field of an object fluxgate sensor is needed to detect the magnetic field. Fluxgate sensor is a magnetic sensor that works based on changes in the magnetic flux around the sensor element. The purpose of this study is to explain the function of each part of the gauge and determine the linearity and accuracy of the measuring instrument. Measuring instrument fluxgate magnetic field sensor based consists of two essential parts, namely the elements of the fluxgate sensor and its supporting series consisting of power supply circuit, signal processing circuit, and a microcontroller circuit. After the measurements are obtained linearity of the current magnetic field in the solenoid is 0.990. While the accuracy of the tool through a calculation 0.998. This instrument has linearity and accuracy are high enough to the magnetic field.*

*Keywords : magnetic field, fluxgate sensor, iron sands*

---

### **PENDAHULUAN**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) pada saat sekarang ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hasil IPTEK tersebut telah banyak memberikan cukup banyak kemudahan dan keuntungan bagi manusia. Jenis-jenis pekerjaan yang sebelumnya menuntut kemampuan fisik yang cukup besar, kini relatif sudah bisa digantikan oleh perangkat mesin-mesin otomatis. Demikian juga ditemukannya formulasi-formulasi baru kapasitas komputer, seolah sudah mampu menggeser posisi kemampuan otak manusia dalam berbagai bidang ilmu dan aktifitas manusia. Salah satu contoh kemajuan di bidang elektronika yang sedang berkembang saat ini adalah peralatan yang didukung oleh berbagai macam jenis sensor

Sensor *fluxgate* adalah salah satu jenis sensor magnet. Prinsip fungsional yang mendasar dari sistem sensor *fluxgate* adalah perbandingan medan magnet yang diukur ( $B_{ext}$ ) dengan medan magnet referensi ( $B_{ref}$ ). Sensor magnetik *fluxgate* menggunakan medan magnet referensi ( $B_{ref}$ ) untuk dibandingkan dengan medan magnet yang akan diukur. Medan magnet referensi ( $B_{ref}$ ) disuperposisikan dengan medan magnet yang akan diukur ( $B_{ext}$ ) pada bahan inti, kemudian diubah oleh kumparan sekunder (*pick-up coil*) menjadi sinyal listrik.

Sampel yang digunakan pada alat ukur medan magnetik ini adalah pasir besi. Pasir besi mengandung mineral-mineral magnetik seperti magnetit ( $Fe_3O_4$ ), hematit ( $-Fe_2O_3$ ), dan maghemit ( $-Fe_2O_3$ ) yang dapat menjadi

stimulus bagi sensor yang digunakan. Selain itu pasir besi juga merupakan salah satu sumber daya alam di Sumatra Barat yang cukup banyak tetapi belum di manfaatkan secara optimal. Pasir besi ini tersebar di beberapa lokasi pesisir pantai, di antaranya Pantai Sunur dan Pantai Masang, Kota Pariaman, Propinsi Sumatra Barat.

Alat yang biasa digunakan untuk mengukur medan magnetik yang dikandung oleh suatu bahan bisa terbilang masih jarang. Harganya pun cukup mahal dan susah didapat, contohnya saja *fluxmeter*. Apabila terjadi kerusakan maka untuk memperbaikinya sangat sulit, walaupun bisa diperbaiki itupun membutuhkan biaya yang juga mahal.

## KAJIAN TEORI

### 1. Magnetik Pasir Besi

Produktivitas dari alam mempunyai banyak raga. Salah satunya adalah bahan material. Bahan material memiliki sifat dan karakter tertentu yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kehidupannya. Salah satu contoh dari bahan material adalah pasir besi yang mempunyai banyak manfaat, diantaranya adalah dalam bidang pengecoran logam.

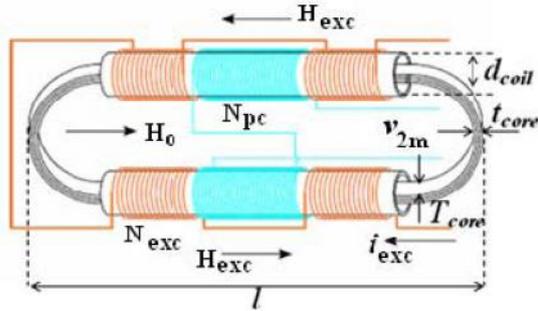
Pasir besi merupakan bahan tambang yang didalamnya terkandung mineral magnetik yang bersifat ferromagnetik, oleh karena itu pasir besi termasuk ke dalam keluarga oksida besi-titanium. Secara umum pasir besi terdiri dari mineral opak yang bercampur dengan butiran-butiran dari mineral non logam seperti, kuarsa, kalsit, feldspar, amfibol, piroksen, biotit, dan tourmalin. Mineral tersebut terdiri dari magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan maghemit ( $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Mineral-mineral tersebut mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai bahan industry

### 2. Sensor Fluxgate

Menurut John R. Brauer (2006), *Fluxgate sensors are used as proximity sensors, for navigational and geomagnetic field measurement instruments, and for position and speed sensing*. Menurut J.Kubik (2009), *A fluxgate sensor is a vectorial magnetic field sensor used in navigation, geophysical research, space research and detection of ferrous objects. The fluxgate sensor measures DC or low-frequency AC magnetic field with field measurement range up to 1 mT with achievable resolution of 10 pT*. Berdasarkan kedua kutipan dapat dijelaskan bahwa sensor *fluxgate* adalah salah satu dari sensor magnetik yang dapat mengukur medan magnet pada rentang  $< 1\text{mT}$  dan juga digunakan sebagai sensor untuk navigasi, mengukur medan magnet bumi, dan sebagai sensor posisi dan kecepatan.

Sensor fluxgate ada beberapa jenis diantaranya teknologi konvensional, teknologi PCB, teknologi mikro dan kombinasi dari ketiganya disebut teknologi *hybrid*. Teknologi konvensional adalah teknologi manual dimana kawat yang menjadi kumparan eksitasi dan *pick-up* dililitkan secara manual. Sebagai inti feromagnetik masih menggunakan material buatan industri seperti *Vitrovac* dan *Metglas*.

Kumparan eksitasi dan kumparan *pick-up* merupakan kumparan dengan panjang ( $l$ ) yang diberi sejumlah lilitan ( $N$ ). medan eksitasi yang muncul pada kumparan eksitasi disebabkan oleh arus bolak-balik ( $i$ ) yang berasal dari rangkaian eksitasi. Untuk memudahkan memahami konsep timbulnya medan eksitasi akan ditinjau konsep medan magnet pada solenoida. Desain elemen *fluxgate* dengan metode konvensional ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor *Fluxgate* Konvensional (Yulkifli, 2010)

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. Frekuensi osilator yang digunakan adalah 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.

Karakteristik tegangan keluaran sensor *fluxgate* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain: jumlah lilitan eksitasi dan lilitan *pick-up*, jumlah lapisan inti (Yulkifli, dkk., 2010), dimensi geometri elemen sensor (Hinnrics, dkk., 2001), sifat dan jenis material inti ferromagnetik (Gopel, 1998 dan Ripka, dkk., 2008), frekuensi dan arus eksitasi (Ripka 2001a, Kubik, 2006 dan Janosek, 2009).

Untuk mengevaluasi tegangan keluaran sensor *fluxgate* digunakan fungsi transfer. Fungsi transfer suatu sensor magnetik *fluxgate* menggambarkan hubungan antara tegangan keluaran  $V_o$  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 teknik harmonisa kedua akan memudahkan untuk menyederhanakan fungsi transfer ke dalam komponen frekuensi (Göpel, W,

dkk 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

$$H_{ref} = H_{ref\ max} \sin \check{S}t$$

yang akan disuperposisikan dengan medan magnet eksternal. Medan magnet di dalam inti sensor kemudian akan menjadi

$$H_{int} = \frac{H_{ext} + H_{ref\ max} \sin \check{S}t}{1 + D(\mu_r - 1)}$$

dengan  $\mu_r$  adalah permeabilitas relatif dan  $D$  adalah faktor demagnetisasi untuk inti linear (Djamal, M., *et al.*, 2005:2007).

Untuk mengukur rapat flux di dalam inti, dilakukan dengan menormalisasi kuat medan magnet internal menjadi  $H_0^*$ , dalam bentuk:

$$H_0^* = \frac{2}{f} \cdot \frac{B_{sat} [1 + D(\mu_r - 1)]}{\mu_r - 1}$$

Kuat medan magnet dalam inti menjadi

$$h_{int} = \frac{H_{int}}{H_0^*} = h_{ext} + h_{ref\ max} \sin \check{S}t$$

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 keluaran induksi dilukiskan dengan hukum faraday (Bashiroto, A., *et al.*, 2006):

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

$N$  adalah jumlah lilitan kumparan sekunder dan  $A$  adalah luas bidang potong inti sensor. Tegangan keluaran kumparan sekunder ternormalisasi  $v_{out}$  adalah :

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

Komponen tegangan keluaran harmonisa kedua  $V_{out2h}$  dari kumparan sekunder adalah:

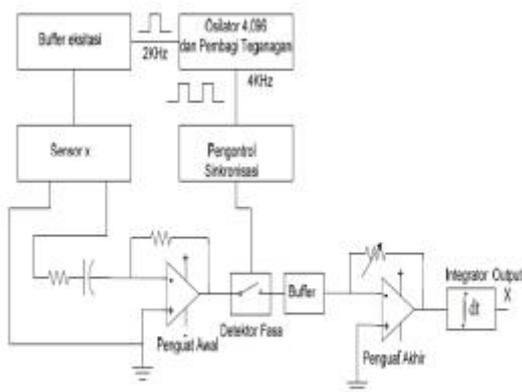
$$U_{out} = -3B_0NA A_3h_{ext}h_{ref}^2 \sin 2 t$$

$$V_{out2h} = h_{ext}K \sin 2\check{S}t$$

dengan  $h_{ext}$  adalah kuat medan magnet eksternal,  $h_{ref}$  adalah kuat medan magnet referensi, N adalah jumlah lilitan, A adalah luas bidang potong inti sensor,  $B_0$  adalah rapat fluks magnetik, dan K adalah tetapan.

### 3. Pengolahan Sinyal Keluaran Sensor Fluxgate

Untuk menghasilkan sensor *fluxgate* dengan karakteristik yang baik dibutuhkan rangkaian pengolah sinyal dan elemen *fluxgate* yang optimum. Pengolah sinyal sensor *fluxgate* terdiri dari dua bagian utama, yaitu rangkaian eksitasi dan rangkaian pengolah sinyal lilitan *pick-up*. Secara skematik rangkaian elektronik pengolah sinyal sensor *fluxgate* terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Rangkaian Elektronik Pengolahan Sinyal Sensor Fluxgate (Yulkifli,2011)

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa rangkaian elektronik pengolah sinyal sensor *fluxgate* terdiri dari dua bagian utama yaitu rangkaian eksitasi dan rangkaian pengolah sinyal lilitan *pick-up*. Rangkaian eksitasi terdiri dari rangkaian osilator, rangkaian *buffer*, dan rangkaian pembangkit sinyal

eksitasi. Untuk rangkaian pengolah sinyal lilitan *pick-up* terdiri dari rangkaian penguat awal, rangkaian *buffer*, detektor fasa, penguat akhir dan integrator.

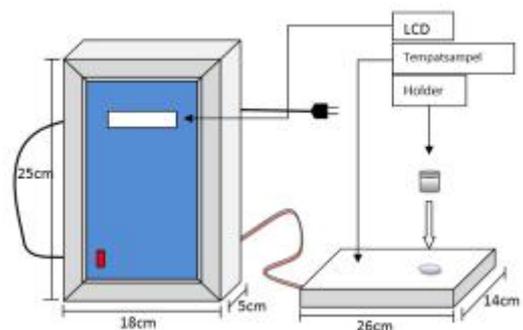
### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang. Kegiatan ini dimulai Juli 2011 sampai dengan April 2012 dengan beberapa tahap kegiatan.

### Desain Penelitian

Perangkat keras sistem pengukuran magnetik pasir besi ini berupa sebuah kotak yang terbuat dari bahan kaca plastik. Dimensi dari kotak tersebut yaitu: panjang 18 cm lebar 5 cm dan tinggi 25 cm. Pada bagian depan sistem terdapat LCD sebagai tampilan data, tombol On/Off berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan sistem. Di sisi bagian samping terdapat sebuah colokan sebagai sumber listrik 220 volt untuk mengaktifkan sistem.

Rancangan mekanik alat ukur magnetik berbasis sensor *fluxgate* ini dapat dilihat pada Gambar 3.

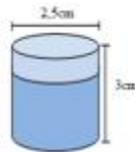


Gambar 3. Perangkat Keras Sistem Pengukuran Magnetik Pasir Besi

Sensor *fluxgate* sangat sensitif terhadap besi dan bahan ferromagnetik lainnya. Oleh sebab itu tempat sampel dan sensor *fluxgate* dibuat terpisah dari rangkaian utama, hal ini bertujuan agar sensor tidak terpengaruh oleh besi yang ada pada rangkaian. Selain itu juga agar saat dilakukan pengukuran kita dapat

dengan leluasa memutar-mutar dan memindahkan sampel.

Sampel yang akan diukur berupa pasir besi. Dalam pengukuran sampel tersebut dimasukkan kedalam wadah yang disebut holder. Untuk lebih jelasnya mengenai holder tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Holder Sampel

Holder ini memiliki diameter 2.5 cm dengan tinggi 3 cm. Ukuran ini merujuk pada ukuran holder yang digunakan pada alat ukur *magnetic susceptibility meter*. Tempat sampel ini harus terbuat dari bahan non magnetik seperti plastik, hal ini dimaksudkan agar saat melakukan pengukuran nilai yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh holder tersebut.

## HASIL PENELITIAN

### 1. Deskripsi Sistem Pengukuran Kuat Medan Magnet

Sistem pengukuran kuat medan magnet ini berbasis sensor *fluxgate* Z57 yang berfungsi sebagai pengindra kuat medan magnet pada sampel yang akan diukur. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir besi dari pantai Sunur dan pantai Masang, Pariaman, Sumatra Barat. Adapun bentuk fisik dari alat ukur kuat medan magnet pasir besi berbasis sensor *fluxgate* ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat Ukur Medan Magnetik Pasir Besi

Rangkaian elektronika tersebut terdiri dari tiga bagian yaitu : Pertama, rangkaian regulator yang berfungsi sebagai catu daya dari seluruh rangkaian elektronika pada sistem, dengan nilai tegangan keluaran -5 dan 5 Volt. Untuk mendapatkan tegangan -5 dan 5 Volt, sistem pengukuran kuat medan magnet ini menggunakan IC regulator 7805 dan 7905. Input IC 7805 dan 7905 berasal dari transformator 1A. Rangkaian regulator dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Regulator Sistem Pengukuran Kuat Medan Magnet

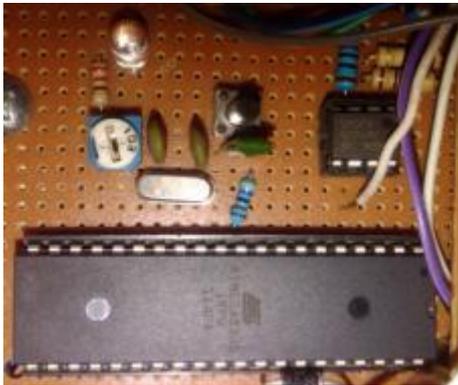
Kedua rangkaian eksitasi dan pengolah sinyal yang dibangun dalam satu PCB, rangkaian ini berfungsi untuk mengeksitasi sensor *fluxgate* dan merubah keluaran sensor dari tegangan yang lemah menjadi tegangan yang lebih kuat lagi agar tegangan input yang masuk ke ADC mikrokontroler dapat diolah dalam pemograman. Rangkaian eksitasi dan pengolah sinyal sensor *fluxgate* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Eksitasi dan Pengolah Sinyal

Ketiga, rangkaian mikrokontroler (MC), yang berfungsi sebagai tempat untuk masukkan program sesuai perintah

yang diinginkan dari cara kerja sistem pengukuran kuat medan magnet. Bentuk Rangkaian Mikrokontroler dalam sistem pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA8535

Pembacaan sistem pengukuran kuat medan magnet ini ditampilkan pada sebuah LCD 2x16. Pada LCD akan menampilkan kuat medan magnet yang terukur dalam satuan mT dengan ketelitian dua angka di belakang koma. Tampilan LCD dapat dilihat pada Gambar 9.



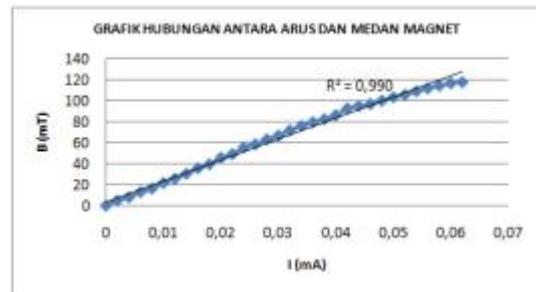
Gambar 9. Tampilan Output Sistem Pengukuran Medan Magnet Pada LCD

Sebelum melakukan pengukuran alat dikalibrasi terlebih dahulu, yaitu dengan cara memutar posisi dari tempat sampel sampai angka pada LCD menunjukkan angka 0,00 mT. Saat LCD menunjukkan angka 0.00 mT itu berarti sensor dalam keadaan tegak lurus dengan medan magnet bumi, pada keadaan ini berarti sensor tidak terpengaruh oleh medan magnet bumi.

## 2. Kelinieran Medan Magnet dengan Arus pada Solenoida

Kelinieran pengukuran ditentukan dengan membandingkan data hasil pengukuran sistem dengan kumparan solenoid. Berdasarkan persamaan kuat

medan magnet yang dihasilkan kumparan solenoid akan sebanding dengan arus yang melaluinya. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan arus pada kumparan solenoid dan dibandingkan dengan hasil pembacaan pada alat ukur medan magnet yang dibuat. Dengan menggunakan bantuan *Microsoft excel* dapat ditentukan kelinieran hubungan arus dengan medan magnet seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan antara Arus dan Medan Magnet

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kelinieran hubungan antara arus dan medan magnet adalah 0,990 dengan selang pengukuran antara 0 mT sampai 100 mT.

## 3. Ketelitian Sistem Pengukuran Kuat Medan Magnet

Tingkat ketelitian dari sistem pengukuran kuat medan magnet ini didapat dengan cara melakukan pengukuran berulang, yaitu pengukuran untuk setiap variasi pasir besi dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran.

Tabel 1. Data Statistik Ketelitian Sistem Pengukuran Medan Magnet

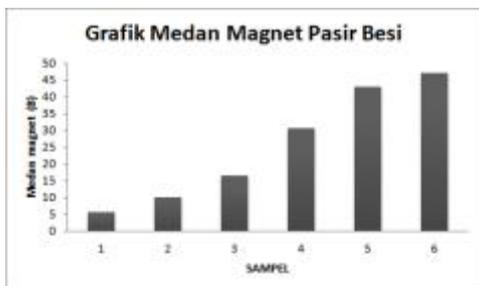
NO	SAMPSEL	B( $\mu$ T)	$\bar{B}$	Ketelitian	$\Delta B$	$B \pm \Delta B$	ER(%)
1	I	5.570	5.537	0.994	0.021	5.537 $\pm$ 0.021	0.374
2	II	9.540	9.551	0.999	0.005	9.551 $\pm$ 0.009	0.099
3	III	10.700	10.675	0.998	0.010	10.675 $\pm$ 0.010	0.093
4	IV	8.380	8.407	0.997	0.008	8.407 $\pm$ 0.008	0.091
5	V	14.660	14.648	0.999	0.010	14.648 $\pm$ 0.010	0.067
6	VI	41.690	41.728	0.999	0.015	41.728 $\pm$ 0.015	0.036

Ketelitian rata-rata alat untuk 6 variasi pasir besi adalah 0,998 dengan standar deviasi 0,012 dan kesalahan relatif rata-rata 0,127%. Hal ini terjadi karena program ini menggunakan skala terkecil 0,01 mT, sehingga pengukuran

berulang untuk sampel pasir besi yang sama akan menunjukkan hasil yang hampir sama untuk setiap pengukuran.

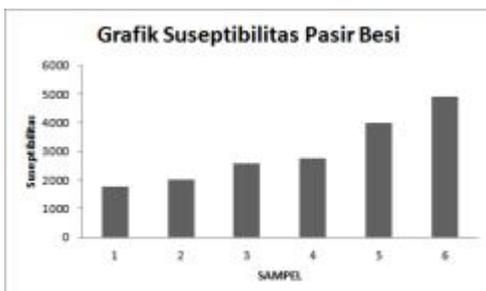
#### 4. Kesebandingan Medan Magnet dengan Suseptibilitas Magnetik

Nilai medan magnet dari pasir besi didapat dengan memutar sampel setiap  $15^{\circ}$ , kemudian diambil nilai tertinggi dari hasil pengukuran. Sampel I, II, III, IV, V dan VI nilai medan magnetnya berturut turut adalah  $5.54\mu\text{T}$ ,  $10.01\mu\text{T}$ ,  $16.48\mu\text{T}$ ,  $30.50\mu\text{T}$ ,  $42.84\mu\text{T}$  dan  $47.10\mu\text{T}$ . Seperti terlihat pada grafik pada Gambar 11.



Gambar 11. Nilai Medan Magnet dari Masing-Masing Sampel

Sedangkan data pengukuran suseptibilitas menggunakan bartington didapat nilai rata-rata suseptibilitas magnetik dari keenam sampel pasir besi dengan tiga kali pengukuran berulang. Nilai rata-rata dari enam sampel secara berurutan mulai dari sampel I, II, III, IV, V dan VI adalah 1764.0, 2020.5, 2593.5, 2769.7, 4001.5, dan 4910.4. Kalau dalam bentuk grafik nilai suseptibilitasnya seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Nilai Suseptibilitas dari Masing-Masing Sampel

Dari kedua grafik di atas dapat dilihat kesebandingan antara medan magnet dan suseptibilitas. Nilai medan magnet dari sampel I sampai VI mengalami peningkatan begitu juga suseptibilitasnya

#### PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis terhadap sistem pengukuran kuat medan magnet didapat data-data mengenai tegangan keluaran pada sensor *fluxgate* berupa hubungan variasi kuat medan magnet terhadap tegangan keluaran sensor. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat dikemukakan bahwa: tegangan keluaran pada sensor *fluxgate* berbanding lurus dengan kenaikan kuat medan magnet. Gejala yang ditunjukkan dari hasil pengukuran terlihat bahwa sensor *fluxgate* memiliki ketelitian yang baik, sehingga dengan keunggulan tersebut sensor *fluxgate* dapat digunakan sebagai sensor medan magnet pada sistem pengukuran kuat medan magnet. Hal ini sesuai dengan karakteristik statik pada sensor *fluxgate* yang terdapat pada persamaan sensor itu sendiri.

Dari hasil analisis data sistem pengukuran kuat medan magnet didapatkan kelinieran pengukuran medan magnet terhadap arus sebesar 0.990. Pada pengukuran berulang untuk enam buah sampel pasir besi menunjukkan hasil yang hampir sama. Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapat ketelitian rata-rata bernilai 0.998 dengan standar deviasi 0.012 dan kesalahan relatif 0.127%. Kondisi ini terjadi karena tegangan keluaran dari rangkaian pengolah sinyal ada yang bernilai positif dan negatif, sedangkan ADC yang digunakan hanya bisa untuk tegangan yang positif saja. Jadi saat tegangannya bernilai negatif ADC akan sedikit terganggu.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat sebaiknya dilakukan di ruang faraday atau dapat juga dilakukan dengan memposisikan

sensor tegak lurus terhadap medan magnet bumi, dan medan magnet lainnya. Sensor dapat dikatakan tegak lurus dengan medan magnet bumi dan medan magnet lainnya apabila alat ukur menunjukkan angka pengukuran  $0.00 \mu\text{T}$ . Karena pada keadaan tersebut medan magnetik yang mengenai sensor tegak lurus dengan garis normal luas permukaan solenoid, sehingga tidak ada *flux* magnet yang terbaca oleh sensor.

Disisi lain sistem pengukuran medan magnet pasir besi yang dirancang masih mempunyai beberapa kelemahan dan keterbatasan diantaranya; Kelemahan pertama, skala terkecil pada sistem ini adalah  $0.01 \mu\text{T}$ , hal ini disebabkan karena mikrokontroler hanya memiliki ADC 10 bit. Kelemahan kedua, karena penelitian tidak dilakukan di ruang farraday, maka kalibrasi dari alat harus dilakukan dengan cara mengubah posisi sensor tegak lurus medan magnet bumi. Kelemahan ketiga, apabila terjadinya pemutusan arus oleh PLN dan sistem pengukuran yang dirancang tidak memiliki sambungan otomatis dengan sumber listrik cadangan, yang menyebabkan sistem pengukuran medan magnet ini tidak bisa dioperasikan lagi.

Sistem pengukuran yang dirancang belum memiliki sumber catu daya tersendiri, sehingga disaat PLN mati sistem tidak bisa digunakan. Dalam kelanjutan dari pembuatan sistem pengukuran medan magnet ini, akan lebih efektif menggunakan sumber catu daya sendiri karena tegangan yang dibutuhkan oleh sistem hanya 5 Volt. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan membuat tempat sumber catu daya seperti baterai.

Sistem diharapkan memiliki kemampuan pengukuran sesuai dengan kemampuan sensor *fluxgate*. Dalam kelanjutan pembuatan sistem ini sangat diharapkan menemukan cara penggunaan sensor pada sistem pengukuran kuat medan magnet agar tidak terpengaruh

oleh medan magnet bumi. Sehingga pada saat dilakukan pengukuran sistem dapat digunakan walaupun posisinya berubah-ubah. Misalnya dengan cara membuat tempat kedudukan sampel dari bahan yang tidak dapat ditembus oleh medan magnet.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap besaran yang terdapat pada sistem pengukuran kuat medan magnet pasir besi dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pengukuran kuat medan magnet ini dibangun oleh dua bagian utama yaitu; Pertama, tempat kedudukan sampel yang juga merupakan tempat dimana sensor *fluxgate* dipasang. Sedangkan yang kedua, kotak tempat rangkaian elektronika yang didalam terdapat rangkaian power supply, rangkaian pengolah sinyal, rangkaian mikrokontroler dan juga LCD untuk menampilkan nilai medan magnet yang terukur.
2. Kelinieran dari sistem terhadap medan magnet terhadap arus pada solenoid cukup tinggi yaitu 0.990. Sedangkan ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran ini adalah 0.998 dengan standar deviasi rata-rata 0.012 dan kesalahan relatif rata-rata 0.127%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Departemen Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Hibah Bersaing No. 081/UN35.2/PG/2012.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agfianto Eko Putra. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Gava Media.
- Bijaksana, S. 2002. *Kajian Sifat Magnetik Pada Endapan Pasir Besi di Wilayah Cilacap dan Upaya Pemanfaatannya untuk Bahan Industri* Laporan Penelitian Hibah Bersaing, ITB.
- Data Sheet.(2008). *Mikrokontroler AT89S8252*.www.atmel.com .Diakses 27 Agustus 2011.
- Diana, Heva Syafria. 2006. *Analisis Mineral Magnetik pada Pasir Besi di Kabupaten Agam dan di Kota Pariaman dengan Menggunakan X-Ray Diffractometer dan fotomicrograph*. Padang, UNP.
- M. Djamal, et al.(2002), *Pembuatan dan Pengembangan Sensor Medan Magnet Fluxgate*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing IX
- Fraden, Jacob. (1996). *The Hand Book of Modern Sensor*. Californ-0\*ia : Thermoscan,Inc.
- Gopel, W. (1989), *Sensor a Comprehensive Survey Volume 5 Magnetic Sensor*, VCH,Weinhein.
- Misykah. 2006. *Penentuan Jenis Mineral Magnetik pada Pasir Besi di Beberapa Daerah di Sumatra Barat dengan Menggunakan Metoda Ishotermal Remanent Megnetization (IRM)*. Padang, UNP.
- Mufit, Fatni, dkk. 2006. *Kajian tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur, Pariaman,Sumatra Barat*. Jurnal Geofisika.
- Praginda,Wandi. (2008).*Desain Awal Fluxgate magneto meter Menggunakan Kumparan Sekunder (Pick-up coil) Ganda Sebagai Penentu Posisi Benda (Tracking Position) Dalam Tiga Dimensi*. Karya Tulis, ITB: Bandung.
- Putra, Agfianto Eko. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 teori dan Aplikasi*. Edisi 1. Yogyakarta, Gava Media.
- Sutrisno. (1987). *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya* . Bandung: ITB.
- Sutrisno. (1994). *Elektronika Teori dan Penerapannya* . Bandung : ITB.
- Sutrisno.(1999). *Elektronika Lanjutan Teori dan Penerapannya*. Bandung: ITB.
- Suyatno, dkk. 2008. *Desain dan Pengembangan Fluxgate Magnetometer dan Beberapa aplikasinya*. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya.
- Wasito. 1997. *Data Sheet Book 1 Data IC Linier, TTL, dan CMOS*. Jakarta, Gramedia.
- Yulianto,A, S. Bijaksana, W. Loeksmato. 2002. *Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap* , Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia vol A5 no 0527,
- Yulkifli.(2010). *Pengembangan Elemen Fluxgate dan Penggunaannya untuk Sensor- Sensor berbasis Magnetik dan Proksimiti*. Disertasi, Bandung : ITB