

## **KAJIAN FLUXGATE MAGNETOMETER PADA SATELIT UNTUK MENGUKUR KUAT MEDAN MAGNET BUMI DENGAN STUDI KASUS QUAKESAT**

Oleh:  
Suhata\*  
Zulfakar Rasyidin\*\*

### **Abstrak**

*Fluxgate Magnetometer merupakan salah satu instrumen misi ilmiah pada satelit dan wahana antariksa (spacecraft) yang dapat mengukur kuat medan bumi atau geomagnet yang ada di permukaan bumi pada ketinggian tertentu (posisi spatial). Berdasarkan kenyataan ini dilakukan kegiatan pengkajian, sebagai langkah awal untuk melakukan penelitian dan perekayasa magnetometer yang ditempatkan pada satelit.*

*Prinsip dasarnya adalah lilitan kumparan kawat yang disebut solenoida, Solenoida yang terdiri dari bahan material magnetisme (ferromagnetism), bersifat sensitif terhadap medan magnet meskipun medan magnetnya lemah akan terdeteksi. Pada umumnya kuat medan geomagnet jauh lebih lemah dari medan magnet buatan. Sehingga dapat digunakan untuk mengukur kuat medan geomagnet.*

*Tujuan kegiatan ini sebagai rintisan awal dalam perancangan sistem muatan misi ilmiah menggunakan fluxgate magnetometer, Output kegiatan adalah desain sistem dan kajian mengenai fluxgate magnetometer.*

*Kata kunci : Magnetometer, sensor, fluxgate, solenoida, kuat medan*

### **Abstract**

*Fluxgate Magnetometer is one of the missions of scientific instruments on satellites and spacecraft (spacecraft) that can measure the field strength or geomagnetic earth that is in the earth's surface at a certain height (spatial position). Based on this fact carried out the assessment activities, as a first step to doing research and engineering magnetometers placed on the satellite.*

*The basic principle is winding the coil of wire called a solenoid, solenoid consisting of materials magnetism (ferromagnetism), are sensitive to magnetism despite the weak magnetism will be detected. In general geomagnetic field strength is much weaker than the artificial magnetic field. So it can be used to measure the field strength geomagnetic.*

*The purpose of this activity as an early pioneer in the scientific mission payload system design using a fluxgate magnetometer, Output activity is the design of the system and the study of fluxgate magnetometers.*

*Key words: Magnetometers, sensors, fluxgate, solenoids, field strength*

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pada muatan satelit biasanya terdiri dari beberapa macam muatan sesuai dengan misi yang dilakukan. Fluxgate magnetometer merupakan salah satu instrumen misi ilmiah pada satelit atau wahana antariksa (spacecraft) ,yang dapat mengukur kuat medan bumi atau geomagnet di permukaan bumi pada ketinggian tertentu (posisi spatial) dan waktu tertentu (temporal). Pada makalah ini penulis mencoba melakukan pengkajian fluxgate magnetometer sebagai langkah awal penelitian dan perekayasa magnetometer yang ditempatkan pada satelit. Ada beberapa macam jenis magnetometer diantaranya vektor magnetometer, proton magnetometer, fluxgate magnetometer, dan lain-lain. Fluxgate magnetometer merupakan magnetometer yang mudah dibuat dibandingkan dengan jenis magnetometer lainnya, dikarenakan fluxgate magnetometer hanya berlandaskan kumparan solenoida yang banyak tersedia dipasaran.

---

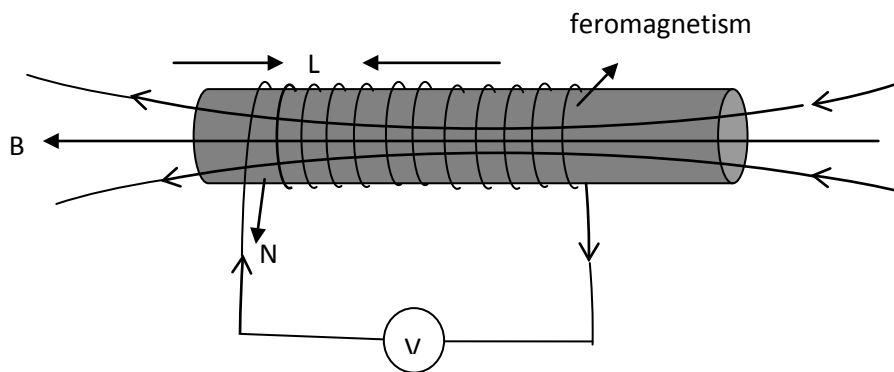
\* Peneliti Bidang Teknologi Ruas Bumi

\*\*Peneliti Bidang Teknologi Muatan Satelit

## 1.2 Permasalahan dan Batasan Masalah

Sebagai perumusan masalah atau pembatasan masalah, pertama magnetometer harus mampu mendeteksi besar kuat medan geomagnet sebesar  $20.000\text{ nT}$  sampai dengan  $80.000\text{ nT}$ . Langkah kedua, dipilih *fluxgate magnetometer* sebagai magnetometer sebagai langkah awal untuk kegiatan pengkajian, dikarenakan secara teknologi pembuatannya lebih mudah. Berikutnya fluxgate magnetometer ditempatkan pada satelit atau spacecraft, yang keterbatasan pada *ukuran, massa, dan power* yang akan disesuaikan.

Selanjutnya magnetometer harus mampu menampilkan *elemen geomagnet* dalam kordinat  $X, Y, Z$ , atau elemen geomagnetnya yang terkait  $(H, F, D, I)$ . Sebagai akibat dari pembatasan sebelumnya menyebabkan ukuran komponen pokok fluxgate magnetometer harus disesuaikan dengan kebutuhan permasalahan yang ada.



Gambar 1.1. Prinsip fluxgate magnetometer

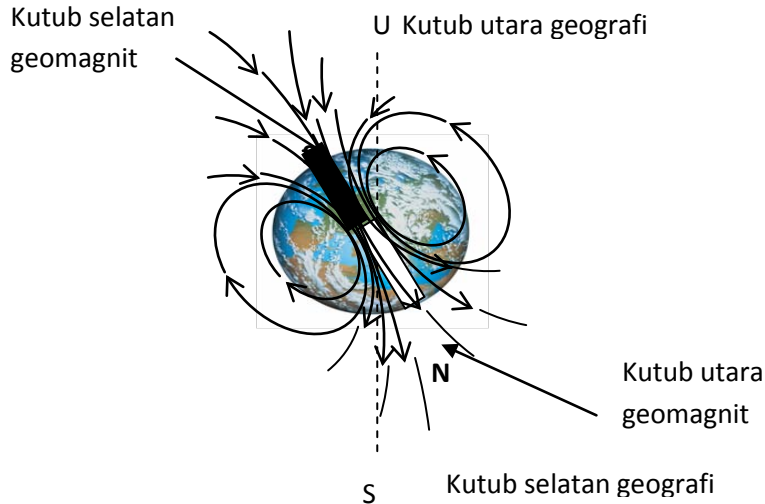
Prinsip fluxgate magnetometer, yang merupakan bentuk solenoida yaitu kumparan kawat yang berbentuk silinder. Sifat dari solenoida yaitu jika diberi arus listrik dari sumber tegangan  $V$  maka akan timbul medan magnet  $B$ , dengan adanya material ferromagnetism maka medan yang dihasilkan akan semakin besar, sifat dari material yang disebut permeabilitas magnet. Sebaliknya jika ada *medan dari luar* maka akan *timbul arus dan tegangan*. Prinsip inilah yang digunakan pada fluxgate magnetometer, yang medan luarnya adalah medan geomagnet.

Komponen yang terpenting adalah panjang kumparan,  $L$  dan jumlah lilitan sepanjang kumparan,  $N$  dan material ferromagnetism. Pemilihan komponen tersebut harus disesuaikan dengan pembatasan permasalahan. Dengan perumusan masalah diatas kita melakukan kegiatan kajian fluxgate magnetometer pada satelit atau wahana antariksa untuk mengukur kuat medan magnet bumi (geomagnet).

Isi rangkuman proposal yang akan di ajukan ,yaitu, pada tahun 2012 akan dimulai penelitian magnetometer, yang dalam hal ini *fluxgate magnetometer*. Pengkajian dimaksudkan sebagai *referensi awal* yang diusahakan bersifat *komprensif*, yaitu berawal dari *studi literatur* sampai dengan *uji teoritis di laboratorium* serta *simulasi* magnetometer sebagai *muatan satelit* dengan cara melakukan *uji terbang balon* (uji terbang balon dilakukan di fasilitas stasiun pengamat dirgantara Lapan Watukosek Surabaya Jatim), selanjutnya sebagai langkah akhir dalam pengkajian dilakukan *pembahasan dan kesimpulan* tentang fluxgate magnetometer . Pengkajian perlu dilakukan agar kesalahan konsep dan teknologi ditekan seminimal mungkin dengan. Dan pada akhirnya timbul " *research question*" dengan pertanyaannya adalah *apakah fluxgate magnetometer cukup handal* yang digunakan pada satelit atau spacecraft. Untuk menjawab itu umumnya dilakukan *iterasi* kegiatan pengkajian secara terus menerus.

## 2. METODE PENELITIAN

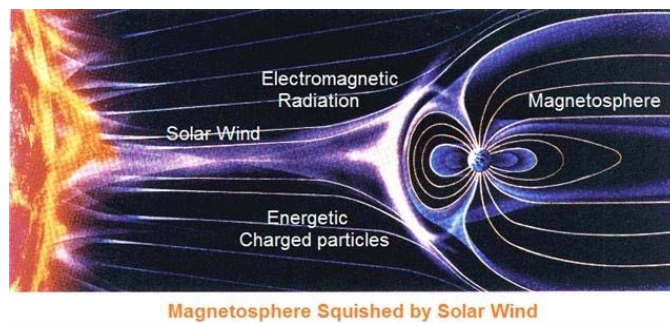
Medan magnet bumi atau geomagnet merupakan fenomena alam berupa adanya efek magnet yang bersumber dari bumi, seperti terlihat pada gambar 2, disekelilingi bumi terdapat garis-garis kuat medan magnet bumi yang disebut garis-garis gaya geomagnet digambarkan seolah-olah seperti magnet batang yang mempunyai dua kutub, kutub utara magnet *N* dan kutub selatan magnet *S*.



Gambar 2.1 . Magnet bumi atau geomagnet

Kutub utara geomagnet terletak di sekitar kutub selatan geografi bumi, dan sebaliknya kutub selatan geomagnet terletak di sekitar kutub utara geografi bumi. Fenomena adanya geomagnet dikarenakan bumi mengandung besi dan nikel, susunan besi dan nikel membentuk semacam barisan *magnet elementer* yang membentang dari kutub utara dan kutub selatan, sehingga membentuk semacam magnet batang yang besar sekali.

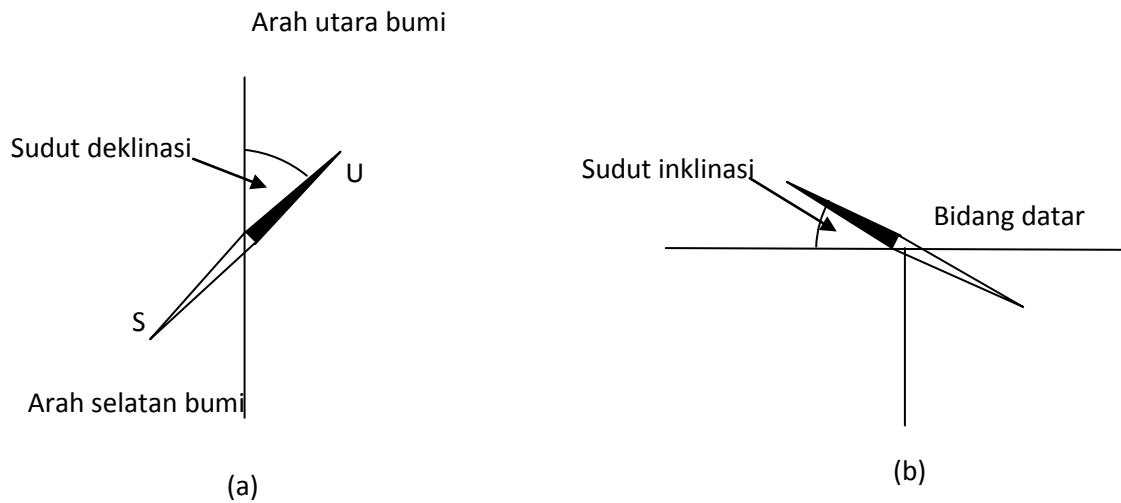
Banyak kegunaan geomagnet, salah satunya adalah kompas sebagai alat navigasi. Lebih lanjut lagi geomagnet dapat membelokkan yang disebut '*badai matahari*' (solar storm) yaitu, terjangan matahari yang berisi sejumlah partikel-partikel bermuatan elektrik yang sangat besar, pada saat sebelum mencapai permukaan bumi, jauh dari permukaan bumi sudah dibelokkan badai matahari, dikarenakan sifat fisis dari magnet yang akan membelokkan partikel bermuatan tersebut. Jika tidak dibelokkan akan merusak kehidupan di bumi.



Gambar 2.2. Magnet bumi melindungi badai matahari -Solar storm

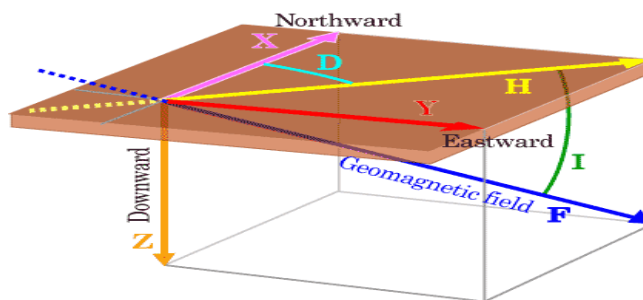
Besar kuat medan geomagnet tidak sebesar magnet buatan, satuan kuat medan geomagnet tidak mengacu kepada besaran internasional yaitu tesla *T* ( 1 Gauss = 100,000 nano Tesla, dan 1 Tesla = 10,000 Gauss ), karena satuan tesla *T* terlalu besar maka, satuan kuat medan geomagnet yaitu nano Tesla *nT* . Besar kuat medan geomagnet sekitar 20,000 *nT* sekitar katulistiwa dan 80,000*nT* sekitar kutub.

Elemen geomagnet merupakan komponen dari besar kuat medan geomagnet yang diuraikan ke sistem sumbu koordinat. Tetapi sebelum itu ialah bahwa terdapat dua komponen utama yang membentuk elemen geomagnet. Dua komponen tersebut ialah *deklinasi* dan *inklinasi*.



Gambar 2.3 . (a) Deklinasi  
(b) Inklinasi

Pada gambar.2.3 (a). sebuah jarum kompas kita letakkan secara *horizontal* , jarum kompas akan menyimpang terhadap kutub utara bumi , sudut simpang ini yang disebut *deklinasi*, sudut deklinasi terjadi dikarenakan kutub geomagnet berbeda dengan kutub geografi bumi. Pada gambar.2.3(b) jarum kompas, diarahkan pada posisi searah kutub geomagnetnya sesuai sudut deklinasinya, jarum kompas pada posiasi tertentu akan membentuk sudut dengan bidang horisontal yang disebut *inklinasi*. Sudut inklinasi terjadi pada posisi tertentu yang salah satu medan lebih kuat. Peristiwa gambar.2.3(b), menunjukkan jarum kompas berada pada ketinggian tertentu dari permukaan bumi dan mendekati kutub selatan geografi bumi atau kutub utara geomagnet. Selanjutnya dibentuklah elemen geomagnet seperti gambar.2.4, berdasarkan dua komponen sebelumnya.



Gambar 2.4. Elemen geomagnet

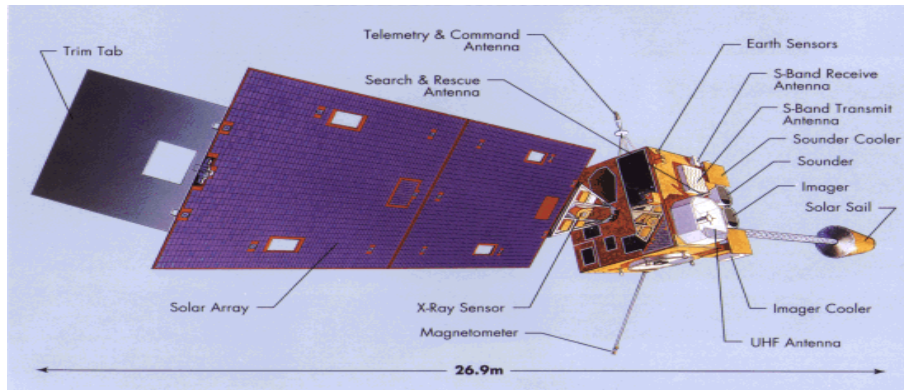
Elemen dibentuk dengan sistem salib sumbu X,Y,Z atau dengan komponen lainnya yaitu D adalah sudut deklinasi, dengan X kearah kutub utara geografi, dan H searah kutub selatan geomagnet. Sumbu Y kearah timur (eastward). Dan I sudut inklinasi kuat medan utama terhadap bidang horisontal X,Y, dengan proyeksinya di H. Dan terakhir arah D merupakan arah Z yang ke bumi (downward). Elemen-elemen tersebut mempunyai hubungan yaitu :

$$F=(X^2+Y^2+Z^2)^{1/2}=(H^2+Z^2)^{1/2}$$

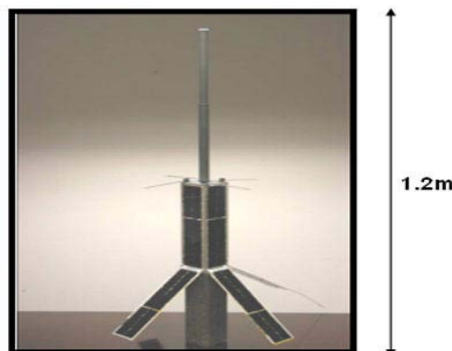
$$H=F*\cos(I), Z=F*\sin(I), X=H*\cos(D), Y=H*\sin(D)$$

Magnetometer secara umum merupakan salah satu piranti atau instrumen yang dapat mengukur besaran skalar dan vektor suatu kuat medan magnet. Yakni medan magnet buatan yang ada di laboratorium ataupun magnet buatan yang ada di alam. Magnetometer dibedakan dengan *metal detektor*, metal detektor untuk mendeteksi metal yang tersembunyi yang menggunakan prinsip mengukur *konduktivitas* metal tersebut, sedangkan magnetometer mengukur *kuat medan magnet* dari suatu objek. Banyak sekali kegunaan magnetometer, mulai dari pertambangan, industri, militer, dan lain-lain. Tetapi yang paling penting yaitu aplikasi ataupun kegunaan magnetometer pada satelit dan spacecraft.

Aplikasi magnetometer pada satelit sudah lama dilakukan. Magnetometer merupakan proba atau sensor, ataupun instrumen yang digunakan satelit untuk misi ilmiah.



Gambar 2.5. Satelit cuaca NOAA GOES WEST ( GOES 11 )Geostationary Operational Environmental Satellite



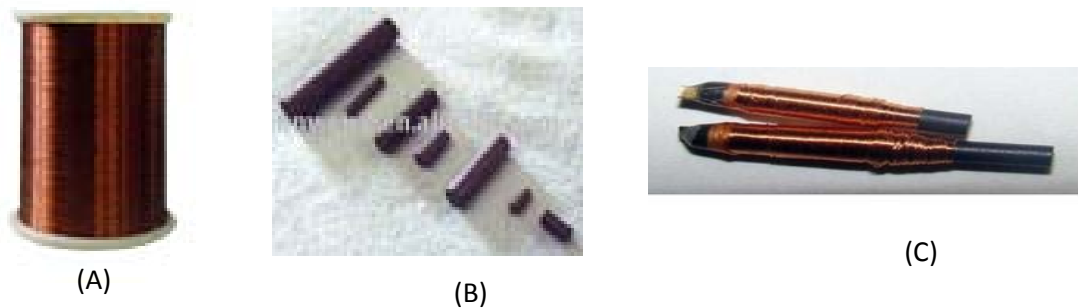
Gambar 2.6. QUAKESAT dengan sensor magnetometer

Pada gambar. 2.5 tersebut terlihat proba magnetometer untuk satelit besar dengan orbit geostasioner. Sedangkan pada gambar.2.6 Quakesat nanosat berbasis cubesat mempunyai sensor magnetometer. Pengamatan dilakukan pada tanggal 14 juli, 28 dan 29 Oktober 2009

Penelitian tentang magnetometer sampai saat ini khususnya di Lapan telah dilakukan, tetapi sebatas kepada pemanfaatan data magnetometer. Penelitian dilakukan oleh “Clara Y.Yatini, Jiyo, Mamat Ruhimat, Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN, dengan judul”BADAI MATAHARI DAN PENGARUHNYA PADA IONOSFER DAN GEOMAGNET DI INDONESIA”. Pada penelitian ini data magnetometer menggunakan jenis fluxgate magnetometer dengan interval waktu 1 menit dan noise level 0.02 nT, yang diperoleh dari stasiun Pengamat dirgantara Biak, dengan koordinat geografis 1.08° LS & 136.5° BT.

Fluxgate magnetometer merupakan salah satu jenis dari beberapa macam jenis magnetometer yang ada. Pada fluxgate magnetometer secara teknologi pembuatannya lebih mudah dibandingkan dengan jenis magnetometer lainnya. Fluxgate magnetometer prinsip dasarnya adalah lilitan kumparan kawat yang disebut solenoida, pada inti solenoida dilengkapi dari bahan material magnetisme

(ferromagnetism), material tersebut bersifat sensitif terhadap medan magnet yang lemah dikarenakan mempunyai permeabilitas yang tinggi sehingga medan geomagnet yang lemah dapat deteksi oleh material ferromagnetism. Apabila terdapat medan magnet dari luar, dalam hal ini magnet bumi, akan membangkitkan arus pada lilitan kumparan kawat. Arus yang dibangkitkan akan sebanding dengan besar medan geomagnet yang akan dideteksi. Gambar 2.7 menunjukkan komponen pokok fluxgate magnetometer.



Gambar.2.7 : Kawat kumparan & batang ferrite dan Solenoida yang sudah jadi

### 3. PEMBAHASAN

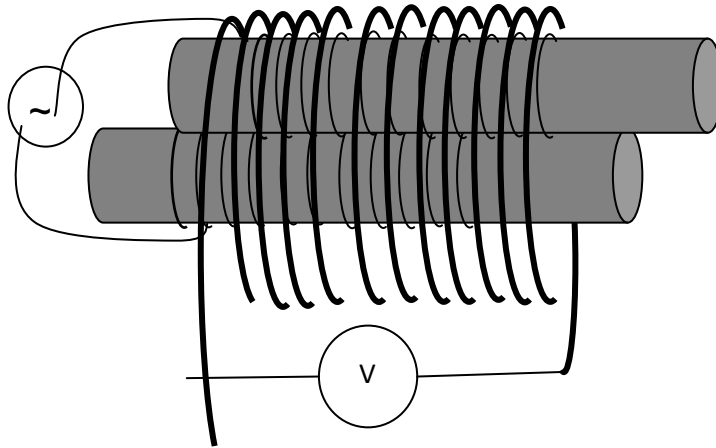
Referensi untuk kegiatan penelitian fluxgate magnetometer terdiri dari beberapa masalah yaitu :

1. Kuat medan geomagnet.
2. Sensor fluxgate magnetometer, dengan komponen utama, solenoida, material ferromagnetisme.
3. Sistem rangkaian elektronika untuk mengekstrak kuat medan geomagnet dari sensor magnetometer dalam bentuk sinyal analog tegangan. Sinyal analog dikonversikan melalui konverter ADC, untuk telekomunikasi data.
4. Simulasi muatan satelit, yaitu sensor magnetometer dan sistem telekomunikasi data diterbangkan dengan balon. Data magnetometer dari balon ditransmisikan ke ground stasiun.

Sebagai referensi dasar untuk kegiatan penelitian, yaitu bahwa kegiatan penelitian fluxgate magnetometer yang telah dilakukan yaitu penggunaannya telah banyak dilakukan, misalkan pada satelit NOAA GOES WEST ( GOES 11 ), QUAKESAT, dan pada satelit Astrid-2 dll, masih banyak lagi satelit yang menggunakan fluxgate magnetometer.

Pada umumnya fluxgate magnetometer menggunakan solenoida yang didalamnya terdapat inti ferit (ferromagnetism).

Definisi dari fluxgate magnetometer ialah sensor yang digunakan untuk mendeteksi magnet luar yang mengandung inti material ferromagnisme dengan dua kumparan, kumparan pertama dihubungkan dengan pembangkit arus bolak balik (AC) , susceptibilitas atau permeabilitas material tersebut sangat besar.



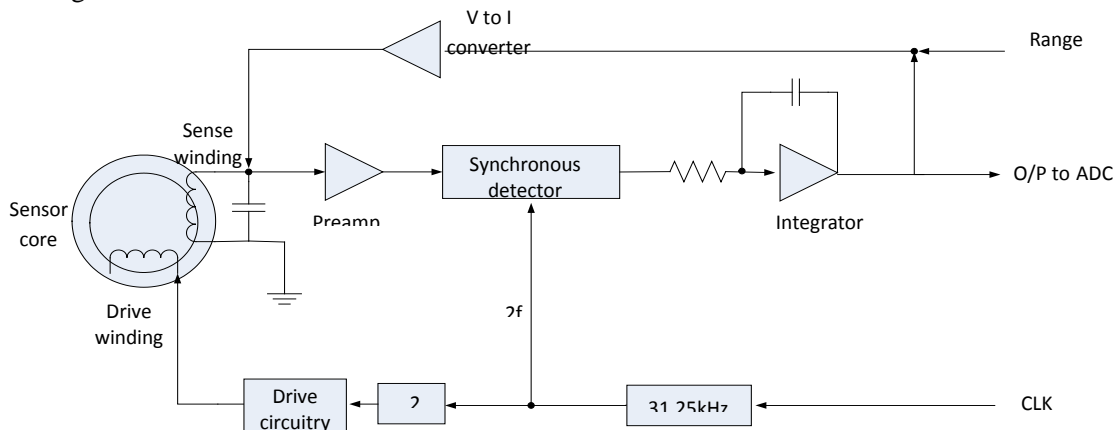
Gambar.3.1 : Sensor fluxgate magnetometer

Dua batang material feromagnetisme yang sejajar diletakkan berdekatan. Permeabilitas dari material feromagnetisme tersebut sangat besar, yang maksudkan untuk cukup sensitip untuk menangkap sinyal medan geomagnet yang relatif *lemah*. Kuat medan geomagnet yang lemah tersebut akan menghasilkan efek saturasi pada batang. Masing-masing batang dililitkan oleh kumparan primer (yang pertama). Arus bolak-balik AC diberikan pada kumparan pertama dari kedua batang, yang mengakibatkan induksi magnet pada kedua batang tersebut yang menghasilkan kuat magnet yang sama besar, tetapi berbeda arah saling bertolak belakang.

Kumparan sekunder dililitkan pada kedua batang dan kumparan pertama, medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan primer menimbulkan magnet induksi pada batang. Magnet induksi dari batang menghasilkan tegangan potensial pada kumparan kedua. Misalkan tidak ada medan geomagnet, maka tegangan yang dihasilkan pada kumparan sekunder bernilai nol, hal ini disebabkan induksi magnet pada batang sama besar, tetapi dengan orientasi bertolak belakang, yang menghasilkan tegangan sama besar berlawanan arah.

Apabila terdapat medan magnet dari luar yang lemah, termasuk medan geomagnet, kemudian sensor tersebut kita arahkan pada medan magnet eksternal tersebut, yang akan menimbulkan efek, pertama, pada batang yang kuat magnet eksternal yang sejajar dengan induksi magnet batang, maka medan magnet akan diperkuat, sehingga tegangan pada batang tersebut menjadi besar. Kedua, dilain pihak, kuat medan magnet eksternal tersebut yang berlawanan tanda dengan induksi magnet batang lainnya, kuat medan magnet akan dilemahkan maka tegangan pada kumparan kedua akan diperkecil. Selisih tegangan tersebut yang dihasilkan oleh kumparan sekunder akan sebanding dengan kuat medan eksternal yang bersangkutan.

Fluxgate magnetometer mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kuat medan geomagnet dengan mengubah-ubah orientasi sensor terhadap medan geomagnet tersebut. Ketelitian pengukuran sampai dengan 0.2 nT.



Gambar 3.2. Blok diagram sensor elektronik single-axis fluxgate magnetometer

Pada gambar 3.2 sensor dihubungkan dengan beberapa piranti elektronika, seperti preamp, synchronous detector dimaksudkan untuk menghasilkan data analog ke digital, agar mudah dalam pemrosesan data.

**3.1 Hasil**

Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini menjadi tolok ukur dalam keberhasilan kegiatan :

- Sebagai langkah awal untuk melakukan penelitian dan perekayasaan untuk magnetometer yang ditempatkan pada satelit.
- Adanya peningkatan kemampuan & pengetahuan sumber daya manusia dalam hal fluxgate magnetometer.
- Dokumen teknis desain sistem fluxgate magnetometer.

Kuat Medan magnet (B) dapat dicari dengan menggunakan rumus di bawah ini, lihat hasil perhitungan di tabel 3.1 dan 3.2.

$$B = \mu n I \dots\dots\dots(1)$$

B = Kuat medan magnet ( W/m<sup>2</sup>) atau Tesla

$\mu = k \mu_0$  Permittivitas material ferrit ( $4\pi \times 10^{-7}$ )

n = Jumlah lilitan persatuan panjang solenoid (N/I)

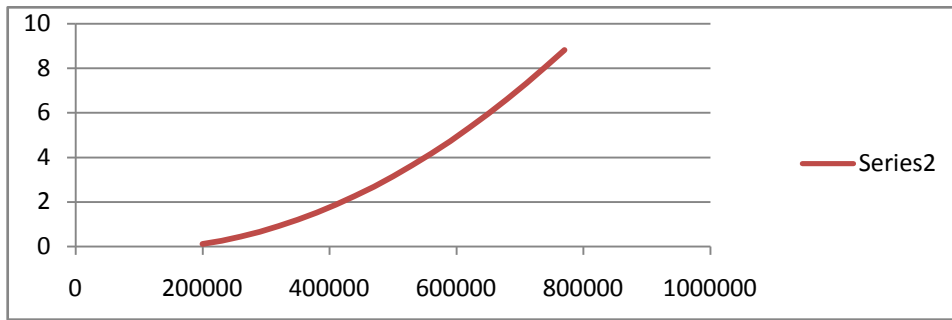
I = Kuat arus (Ampere)

Kuat medan geomagnet (B) sebesar 20.000 nT sampai dengan 80.000 nT.

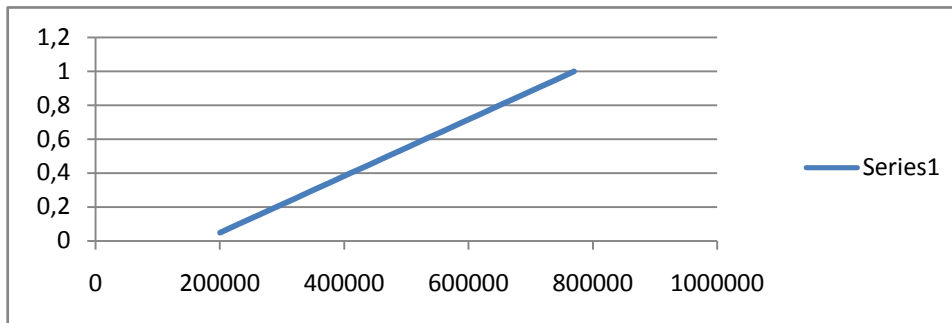
Tabel . 3.1 mencari kuat Arus (I) dengan N = 10 dan k = 1000

No	B	4π	10 <sup>-7</sup>	L	N	k	I
1	200000	12.56	0.000912	0.05	10	1000	0.114532375
2	230000	12.56	0.000912	0.1	10	1000	0.263424462
3	260000	12.56	0.000912	0.15	10	1000	0.446676262
4	290000	12.56	0.000912	0.2	10	1000	0.664287774
5	320000	12.56	0.000912	0.25	10	1000	0.916258999
6	350000	12.56	0.000912	0.3	10	1000	1.202589936
7	380000	12.56	0.000912	0.35	10	1000	1.523280586
8	410000	12.56	0.000912	0.4	10	1000	1.878330948
9	440000	12.56	0.000912	0.45	10	1000	2.267741022
10	470000	12.56	0.000912	0.5	10	1000	2.69151081
11	500000	12.56	0.000912	0.55	10	1000	3.149640309
12	530000	12.56	0.000912	0.6	10	1000	3.642129521
13	560000	12.56	0.000912	0.65	10	1000	4.168978445
14	590000	12.56	0.000912	0.7	10	1000	4.730187082
15	620000	12.56	0.000912	0.75	10	1000	5.325755432
16	650000	12.56	0.000912	0.8	10	1000	5.955683493
17	680000	12.56	0.000912	0.85	10	1000	6.619971268
18	710000	12.56	0.000912	0.9	10	1000	7.318618754
19	740000	12.56	0.000912	0.95	10	1000	8.051625954
20	770000	12.56	0.000912	1	10	1000	8.818992865





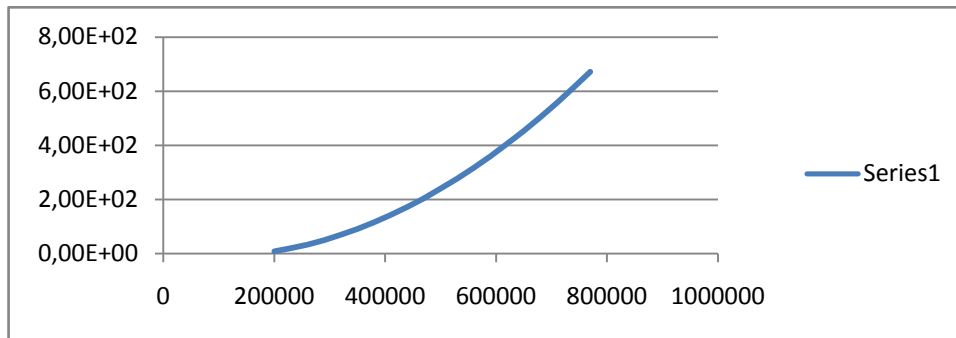
Gambar 3.3. Kuat medan Magnit B terhadap Kuat arus



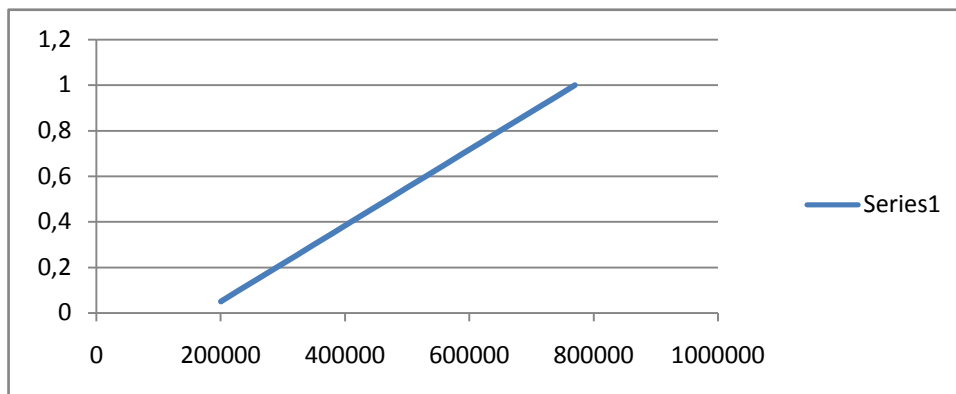
Gambar 3.4. Kuat medan Magnit B terhadap panjang Solenoida

Tabel 3.2. mencari kuat Arus (I) dengan N = 100 dan k = 1000

No	B	4π	10 <sup>-7</sup>	L	N	k	I
1	200000	12.56	0.000912	0.05	100	1000	8.7311557200E+00
2	230000	12.56	0.000912	0.1	100	1000	2.0081658156E+01
3	260000	12.56	0.000912	0.15	100	1000	3.4051507308E+01
4	290000	12.56	0.000912	0.2	100	1000	5.0640703176E+01
5	320000	12.56	0.000912	0.25	100	1000	6.9849245760E+01
6	350000	12.56	0.000912	0.3	100	1000	9.1677135060E+01
7	380000	12.56	0.000912	0.35	100	1000	1.1612437108E+02
8	410000	12.56	0.000912	0.4	100	1000	1.4319095381E+02
9	440000	12.56	0.000912	0.45	100	1000	1.7287688326E+02
10	470000	12.56	0.000912	0.5	100	1000	2.0518215942E+02
11	500000	12.56	0.000912	0.55	100	1000	2.4010678230E+02
12	530000	12.56	0.000912	0.6	100	1000	2.7765075190E+02
13	560000	12.56	0.000912	0.65	100	1000	3.1781406821E+02
14	590000	12.56	0.000912	0.7	100	1000	3.6059673123E+02
15	620000	12.56	0.000912	0.75	100	1000	4.0599874098E+02
16	650000	12.56	0.000912	0.8	100	1000	4.5402009744E+02
17	680000	12.56	0.000912	0.85	100	1000	5.0466080061E+02
18	710000	12.56	0.000912	0.9	100	1000	5.5792085051E+02
19	740000	12.56	0.000912	0.95	100	1000	6.1380024711E+02
20	770000	12.56	0.000912	1	100	1000	6.7229899044E+02



Gambar 3.5. Kuat medan Magnit B terhadap Kuat arus



Gambar 3.6. Kuat medan Magnit B terhadap panjang Solenoida

#### 4. KESIMPULAN

Solenoida dengan material batang ferrite didalamnya yang bernilai  $k = 1000$ , dapat mendeteksi kuat geomagnet yang bernilai  $200000 \text{ nT}$  sampai dengan  $800000 \text{ nT}$ , dengan jumlah lilitan kumparan solenoida bervariasi  $N = 10$ , dan  $100$ , panjang lilitan yang bervariasi dimulai  $0,05$  sampai  $1$ . Berdasarkan pembahasan analisa grafik memperlihatkan bahwa kuat medan magnet berubah terhadap panjang solenoida dan juga terhadap arus yang diberikan untuk masing-masing jumlah lilitan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Wallace H. Campbell, "*Fluxgate Magnetometers for Space Research*", Cambridge University Press, Second Edition 2003.
2. David Gubbins), Emilio Herrero-Bervera, "*Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism (Encyclopedia of Earth Sciences Series)*", Academic Press, 2000.
3. F Primdahl "*The Fluxgate Magnetometer*" J. Phys. E: Sci. Instrum., Vol. 12, 1979.
4. Solveig H. Høyemork "*Sensors and Instruments for Space Exploration*", Third edition IRF Kiruna, 2002.
5. Geyger, W. A., "*The Ring Core Magnetometer - A New Type of Second-Harmonic Flux-Gate*", AIEE Trans. Communications and Electronics, 81, pp 65-73, 1962

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Suhata, S.Si, MM.  
Tempat & Tgl. Lahir : Jombang / 08 – Juli - 1959

Jenis Kelamin : Laki-laki  
Instansi Pekerjaan : Pustekelegan - LAPAN  
NIP. / NIM. : 19590708 198011 1 001  
Pangkat / Gol. Ruang : Penata Tk. I / III.d  
Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Muda  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Menikah

### DATA PENDIDIKAN

STRATA 1 (S.1) : FISIKA ITB Tahun: 1991  
STRATA 2 (S.2) : TEKNIK MESIN UI Tahun: 2001

### ALAMAT

Alamat Rumah : Kp. Pisangan Rt 10 / Rw 11 No. 24 Penggilingan. Jakarta Timur  
Telp. 021-98259472. HP. : 0858 8523 8334  
Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit KM. 04  
Rancabungur, Bogor, Jawa Barat  
Telp. : 0251-621667. E-mail : [suhata2003@yahoo.com](mailto:suhata2003@yahoo.com)