

**PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN JARAK BENDA DIGITAL BERBASIS
SENSOR *FLUXGATE***

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**Oleh
REZY PRIMA
84158/2007**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2012**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pembuatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital
Berbasis Sensor *Fluxgate*

Nama : Rezy Prima

NIM / TM : 84158 / 2007

Program Studi : Fisika

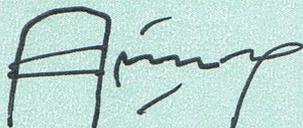
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 31 Juli 2012

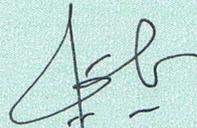
Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. H. Asrizal, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 001

Pembimbing II



Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si
NIP. 19730702 200312 1 002

PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Pembuatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital
Berbasis Sensor *Fluxgate*

Nama : Rezy Prima

NIM / TM : 84158 / 2007

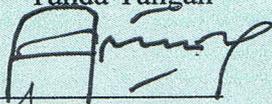
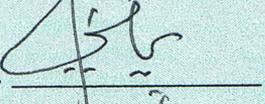
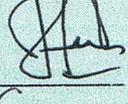
Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 31 Juli 2012

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. H. Asrizal, M.Si.	1. 
2. Sekretaris	: Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si.	2. 
3. Anggota	: Dra. Yenni Darvina, M.Si.	3. 
4. Anggota	: Drs. Hufri, M.Si.	4. 
5. Anggota	: Dr. Hamdi, M.Si.	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 31 Juli 2012

Yang Menyatakan,



Rezy Prima

ABSTRAK

Rezy Prima : Pembuatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital Berbasis Sensor *Fluxgate*

Pengukuran medan magnet penting dilakukan karena banyak benda-benda bersifat magnet dan bermanfaat dalam kehidupan. Untuk mengukur medan magnetik suatu benda diperlukan sensor. Salah satu jenis dari sensor untuk mendeteksi medan magnetik adalah sensor *fluxgate*. Sensor *fluxgate* merupakan sensor magnetik yang bekerja berdasarkan perubahan flux magnetik disekitar elemen sensor. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari sensor *fluxgate* dapat dibuat sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik statik dari sensor *fluxgate* Z61, spesifikasi performansi, spesifikasi desain dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate*.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan dengan memvariasikan jarak antara sensor *fluxgate* dengan magnet batang dan menyelidiki pengaruhnya terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor *fluxgate*. Pengukuran secara tidak langsung digunakan untuk menentukan persentase kesalahan, ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran jarak. Data yang diperoleh melalui pengukuran dianalisis melalui dua cara yaitu secara statistik dan grafik.

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dapat dikemukakan tiga hasil penelitian ini. Pertama karakteristik statik sensor *fluxgate* Z61 meliputi fungsi transfer $V_0 = 0.0245x^2 - 0.622x + 3.977$, sensitivitas $S = 0.049x - 0.622$ dan ketelitian 0.999. Kedua spesifikasi performansi dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* terdiri dari dua bagian penting yaitu indentifikasi setiap komponen pembentuk sistem pengukuran jarak benda digital dengan panjang alat ini sekitar 30 cm dengan lebar 20 cm dengan kapasitas pengukuran dari 7 milimeter sampai 15 milimeter. Sistem pengukuran jarak benda digital ini menggunakan magnet batang sebagai sumber medan magnet, sensor *fluxgate* tipe Z61, mikrometer sekrup sebagai alat ukur standar komponen-komponen elektronika lainnya serta mikrokontroler ATMEGA 8535. Ketiga spesifikasi desain dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* terdiri dari persentase kesalahan 12%, ketepatan 0.875 dan ketelitian 0.831.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat, hidayah, dan karunia-Nya pada peneliti, sehingga peneliti mampu menyelesaikan skripsi ini. Judul dari skripsi adalah “Pembuatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital Berbasis Sensor *Fluxgate*”. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains.

Skripsi ini dapat selesai berkat bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. H. Asrizal, M.Si., sebagai Pembimbing I.
2. Bapak Dr. Yulkifli, M.Si., sebagai Pembimbing II yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Hibah Bersaing No. 081/UN35.2/PG/2012
3. Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si., Bapak Drs. Hufri, M.Si., dan Dr. Hamdi, M.Si., sebagai dosen penguji pada skripsi ini.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si., sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si., sebagai Ketua Prodi Fisika FMIPA UNP.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNP.
7. Orang tua dan saudara yang telah memberikan dorongan baik moril maupun materil dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan- rekan mahasiswa Jurusan Fisika UNP, khususnya rekan – rekan angkatan 2007.
9. Semua pihak yang telah membantu peneliti yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Semoga bimbingan dan bantuan yang telah mereka berikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Peneliti menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kelemahan, kekurangan, dan kesalahan. Untuk itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran-saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Peneliti juga berharap mudah-mudahan skripsi ini bisa berguna bagi semua pembaca.

Padang, Juni 2012

Peneliti

DAFTAR ISI

	Hal
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Pembatasan Masalah.....	3
C. Perumusan Masalah.....	4
D. Pertanyaan Penelitian.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Kegunaan Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Sensor	6
B. Sensor Magnetik	7
C. Sensor Fluxgate	8
D. Sistem Pengukuran.....	14
E. Spesifikasi Produk.....	16
F. Rangkaian Pengolahan Sinyal.....	19
BAB III METODE PENELITIAN	33
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
B. Jenis Penelitian.....	34

C. Alat dan Bahan.....	34
D. Desain Penelitian.....	36
E. Teknik Pengumpulan Data.....	38
F. Teknik Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
A. Hasil Penelitian.....	41
B. Pembahasan.....	52
BAB V PENUTUP.....	55
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran - Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Diagram Pengelompokan Sensor Magnetik Berdasarkan Magnitudo Medan Magnetik.....	8
Gambar 2	Elemen Sensor <i>Fluxgate</i>	9
Gambar 3	Kumparan Selonoida.....	10
Gambar 4	Konfigurasi Paralel Sensor <i>Fluxgate</i>	11
Gambar 5	Konfigurasi Ortogonal Sensor <i>Fluxgate</i>	11
Gambar 6	Prinsip Kerja Sensor <i>Fluxgate</i>	12
Gambar 7	Skema Diagram Pengolahan Sinyal dengan Sensor <i>Fluxgate</i>	20
Gambar 8	Rangkaian Osilator Kristal dan IC CD 4060.....	21
Gambar 9	<i>Op-amp</i> yang Berfungsi sebagai <i>Buffer</i> Sinyal.....	21
Gambar 10	Rangkaian Generator Sinyal Eksitasi.....	22
Gambar 11	Rangkaian Penguat Awal.....	23
Gambar 12	Rangkaian Detektor Fasa Ketika Keluaran Sensor Positif	23
Gambar 13	Blok Diagram IC CD4053, Pin Out dari IC.....	24
Gambar 14	Rangkaian Integrator.....	24
Gambar 15	Blok Diagram Penguat Akhir.....	25
Gambar 16	Diagram Pin Mikrokontroler ATMEGA8535.....	26
Gambar 17	Blok Diagram Arsitektur AVR.....	27
Gambar 18	Sistem Minimum Mikrokontroler ATMEGA8535.....	29
Gambar 19	Bentuk LCD.....	30
Gambar 20	Rangkaian Catu Daya Teregulasi.....	32
Gambar 21	Desain Perangkat Keras Sistem Pengukuran Jarak.....	36
Gambar 22	Blok Diagram Sederhana Sistem pengukuran Jarak.....	37

Gambar 23	<i>Flowchart</i> Sistem Pengukuran Jarak.....	37
Gambar 24	Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Tegangan Keluaran.....	42
Gambar 25	Foto Sistem Pengukuran Jarak Tampak Depan.....	44
Gambar 26	Rangkaian Elektronika Sistem Pengukuran Jarak.....	45
Gambar 27	Rangkaian Regulator Sitem Pengukuran Jarak.....	46
Gambar 28	Rangkaian Eksitasi dan Pengolahan Sinyal	46
Gambar 29	Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 8535.....	47
Gambar 30	Tampilan Output Sistem Pengukuran Jarak Pada LCD.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Fungsi Pin Pada LCD.....	31
Tabel 2	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	33
Tabel 3	Data Statistik Ketelitian Dari Sensor <i>Fluxgate</i> Z61.....	43
Tabel 4	Ketepatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital Berbasis Sensor <i>Fluxgate</i>	49
Tabel 5	Data Statistik Ketelitian Sistem Pengukuran.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) pada era globalisasi sekarang ini mengalami peningkatan yang pesat. Hasil dari kemajuan IPTEK telah memberikan kemudahan dan keuntungan bagi manusia. Salah satu disiplin ilmu yang memberikan andil cukup besar dalam perkembangan teknologi adalah fisika. Fisika telah memberikan dasar yang kuat pada kemajuan teknologi.

Kemajuan IPTEK tidak dapat dipisahkan dari teknologi elektronika. Perkembangan teknologi elektronika saat ini telah memberikan banyak manfaat dan kemudahan bagi kehidupan manusia. Karena itu, teknologi elektronika menjadi perhatian yang serius dikalangan perancang teknologi masa depan.

Teknologi elektronika menjanjikan prospek masa depan yang lebih baik karena mampu menyederhanakan dimensi dan meningkatkan kemampuan berbagai peralatan sebagai produk teknologi. Dengan kemajuan teknologi yang semakin berkembang dan persaingan dipasar bebas yang semakin ketat, menuntut perkembangan instrumen harus berkembang dari segi kualitas ataupun harganya.

Salah satu instrumen elektronika yang dikembangkan sekarang adalah sensor. Meningkatnya kebutuhan untuk otomatisasi, keamanan, dan kenyamanan menggiring orang untuk mengembangkan sensor dengan prinsip dan metoda yang berbeda-beda. Jumlah sensor dan sistem sensor yang diperlukan juga meningkat. Saat ini teknologi sensor telah memasuki bidang aplikasi baru dan pasar yang semakin luas seperti otomatis, penelitian dan pengembangan, rumah cerdas (*smart home*), dan teknologi pengolahan (Meijer 2008).

Perkembangan elektronika ini telah menghasilkan komponen elektronika yang canggih, baik sensor maupun produk lainnya. Sensor merupakan salah satu elemen utama pembangun sebuah sistem pengukuran dan pengontrolan. Melalui sensor dapat dirancang berbagai sistem yang dapat bekerja secara otomatis dan mampu menganalisis fenomena-fenomena yang terjadi di alam. Selain itu, sensor dapat berfungsi untuk menggantikan tugas manusia yang terbatas.

Tantangan utama teknologi sensor sekarang ini adalah mengukur besaran-besaran yang selama ini sulit atau tidak bisa diukur dan meningkatkan nilai informasi sensor dengan menggunakan metoda-metoda pengukuran yang sudah dikenal (Traenkler, 2007). Dalam pengembangan sensor dan sistem sensor perlu dipilih prinsip-prinsip pengukuran yang cocok, pengukuran-pengukuran khusus perlu dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan sensor (Traenkler, 1998). Dalam hal ini perlu dikompromikan antara biaya dan permintaan, sehingga pembuatan sensor dan sistem sensor lebih mudah dan biaya murah tentu dengan kualitas yang dapat bersaing dengan produk luar negeri.

Salah satu sensor yang banyak dikembangkan saat ini adalah sensor-sensor yang berbasiskan pada konsep perubahan medan magnetik di sekitar objek yang diukur. Sensor-sensor yang menggunakan konsep ini disebut sensor magnetik (Fraden, 2004). Salah satu jenis dari sensor magnetik ini adalah sensor *fluxgate*. Sensor *fluxgate* adalah sensor magnetik yang bekerja berdasar perubahan flux magnetik disekitar elemen sensor (Gopel, dkk., 1989). *Fluxgate* adalah sensor magnetik yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sensor-sensor lain seperti efek Hall, GMR, AMR, dan SQUID.

Pengembangan sensor *fluxgate* untuk berbagai sensor maupun alat ukur berdasarkan pada konsep magnetik dan proksimiti. Sensor-sensor atau alat ukur yang

dikembangkan antara lain: sensor medan magnet lemah, alat ukur jarak, sensor getaran, sensor kecepatan sudut, sensor arus listik dc, dan sensor muai panjang.

Permasalahan yang ditemui di lapangan adalah mahalnya harga sebuah sensor, seperti sensor jarak SRF04-Original Ultrasonic Range seharga Rp. 320.000 atau sensor jarak SRF10-The World Smallest Dual Transducer Ultrasonic Range seharga Rp. 525.000. Hal ini disebabkan oleh proses pembuatan yang sangat kompleks akibatnya harga jualnya mahal. Selain itu susah untuk mendapatkannya dan kalau terjadi kerusakan sulit untuk memperbaikinya. Salah satu teknik pembuatan *fluxgate* saat ini menggunakan teknologi mikro. Teknik ini menghasilkan *fluxgate* dengan sensitivitas rendah karena luas penampang sensor *fluxgate* yang dihasilkan kecil.

Berdasarkan aplikasi dari sensor *fluxgate* yang telah dikemukakan, maka peneliti tertarik untuk membuat sebuah sistem pengukuran jarak digital yang dapat bekerja secara optimal dan efisien sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Sistem pengukuran jarak benda digital ini penting dibuat karena dapat mengukur jarak dalam orde milimeter. Karena itu sebagai judul dari penelitian ini adalah "*Pembuatan Sistem Pengukuran Jarak Benda Digital Berbasis Sensor Fluxgate*".

B. Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah, maka perlu dilakukan beberapa pembatasan masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital yang dirancang menggunakan sensor *fluxgate* Z61 dapat mengukur jarak dengan range pengukuran 7 milimeter sampai 15 milimeter dengan skala pengukuran 0.5 milimeter.
2. Spesifikasi yang diamati berupa spesifikasi performansi dan spesifikasi desain. Spesifikasi performansi meliputi identifikasi fungsi setiap komponen pembentuk

sistem pengukuran jarak digital, sedangkan spesifikasi desain meliputi karakteristik statik seperti fungsi transfer, sensitivitas, ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran jarak benda digital menggunakan sensor *fluxgate*.

3. Sensor *fluxgate* yang digunakan dalam Pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital menggunakan *fluxgate* tipe Z61.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini. Sebagai perumusan masalah penelitian yaitu: “Bagaimana karakteristik statik sensor *fluxgate* Z61, spesifikasi performansi dan spesifikasi desain dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* ?”.

D. Pertanyaan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan dalam penelitian ini perlu dikemukakan beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik statik sensor *fluxgate* Z61 dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* ?.
2. Bagaimana spesifikasi performansi dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* ?.
3. Bagaimana spesifikasi desain dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* ?.

E. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate*. Secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan karakteristik statik sensor *fluxgate* Z61 meliputi fungsi transfer, sensitivitas dan ketelitian.

2. Mendeskripsikan fungsi-fungsi dari setiap bagian dari sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate*.
3. Menentukan spesifikasi desain sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate*.

F. Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna bagi:

1. Kelompok kajian elektronika dalam pengembangan instrumentasi berbasis elektronika, khususnya dalam pengembangan sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate*.
2. Jurusan fisika dalam mengembangkan dan menerapkan materi perkuliahan pada sistem instrumentasi khususnya tentang pembuatan sistem pengukuran jarak digital benda berbasis sensor *fluxgate*.
3. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan wawasan dalam bidang elektronika dan instrumentasi.
4. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Sensor

Sensor merupakan alat yang dapat menerima sinyal atau rangsangan dan mengubahnya menjadi besaran listrik, rangsangan ini berasal dari lingkungan atau berada di luar sistem sensor. Rangsangan ini dapat berupa besaran-besaran fisika. Dalam pengertian secara umum sensor adalah pengubah besaran non-elektrik menjadi besaran elektrik (Fraden,2004).

Menurut Pallas-Areny (2001), *Since there are six different kinds of signal-mechanical, thermal, magnetic, electric, chemical, and radiation (corpuscular and electromagnetic, including light)-any device corverting signals of one kind to signals of a different kind is a tranducer. The resulting signals can be of any useful physical form. Devices offering an electric output are called sensors.* Dari kutipan ini dapat dikatakan bahwa sensor adalah sebuah alat yang dapat memberikan keluaran listrik dari sinyal mekanik, suhu, magnetik, listrik, kimia, dan radiasi.

Untuk mengubah rangsangan luar yang diterima menjadi sinyal listrik, beberapa sensor ada yang membutuhkan sumber energi tambahan dan ada yang tidak membutuhkannya. Berdasarkan sumber energi, Fraden (2004) membedakan sensor atas dua macam, yaitu *passive sensor* dan *active sensor*.

1. *Passive Sensor*, merupakan sensor yang tidak membutuhkan sumber energi tambahan dan langsung membangkitkan sebuah sinyal listrik dari rangsangan luar. Rangsangan luar ini dirubah oleh sensor menjadi sinyal keluaran. Contohnya : termokopel, *photodiode*, dan piezoelektrik sensor.

2. *Active Sensor*, merupakan sensor membutuhkan tenaga eksternal untuk bisa beroperasi yang disebut sinyal eksitasi. Sinyal ini dirubah oleh sensor untuk menghasilkan sinyal keluaran. Contohnya : termistor, dan LDR.

Ada beberapa stimulus atau rangsangan luar yang dapat dideteksi oleh sensor, diantaranya kedekatan (*proximity*), tekanan, cahaya, suhu, dan medan magnet. Sinyal dari rangsangan luar inilah yang akan diubah menjadi sinyal listrik oleh sensor. Berdasarkan stimulus atau rangsangan luar yang dideteksinya ini, sensor dibedakan menjadi beberapa macam, diantara:

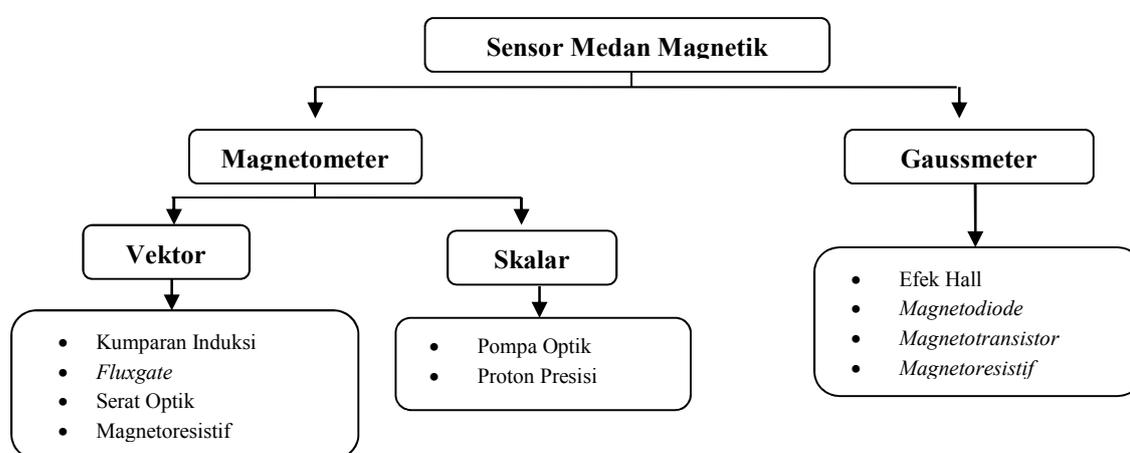
1. Sensor kedekatan (*proximity*), yaitu sensor yang dapat mendeteksi adanya target (logam) dengan tanpa adanya kontak fisik. Prinsip kerjanya adalah dengan memperhatikan perubahan amplitudo suatu lingkungan medan frekuensi tinggi.
2. Sensor magnetik, yaitu sensor yang bekerja karena adanya medan magnet dan akan memberikan perubahan kondisi pada keluarannya.
2. Sensor tekanan, yaitu sensor yang memiliki transduser yang mengukur ketegangan kawat, yang bisa mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik. Dasar pengindraannya pada perubahan tahanan penghantar (transduser) yang berubah akibat perubahan panjang dan luas penampangnya.
4. Sensor suhu, yaitu sensor yang bekerja karena adanya panas dari suatu objek dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.
5. Sensor cahaya, yaitu sensor yang bekerja karena adanya cahaya dari objek disekitar sensor dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

B. Sensor Magnetik

Sensor magnetik adalah sensor yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnetik yang terjadi di sekitar benda atau objek yang diukur. Sze dan Kwok (2007) mengatakan bahwa "*The main applications of magnetic sensors can be grouped into*

two functions; direct magnetic-field sensing, and position and motion sensing. Equipment to measure the magnet-field strength is called a magnetometer or gaussmeter". Dari kutipan diatas dapat dijelaskan bahwa aplikasi dari sensor magnetik bisa digunakan untuk mendeteksi posisi dan pergerakan dari objek

Sensor magnetik terbagi atas 2 jenis yaitu *magnetometer* dan *gaussmeter*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar.1



Gambar 1. Diagram Pengelompokan Sensor Magnetik Berdasarkan Magnitudo Medan Magnetik (Yulkifli,2011)

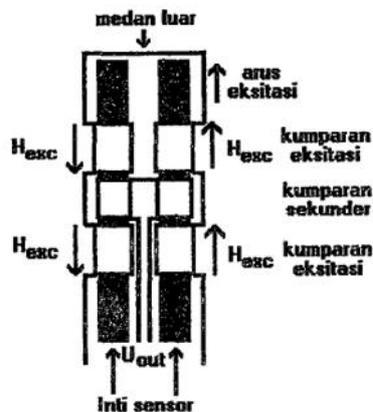
Berdasarkan magnitudo medan magnet, sensor medan magnet dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu *magnetometer* dan *gaussmeter*. *Magnetometer* adalah sensor medan magnetik yang digunakan untuk mengukur medan magnet lemah. *Magnetometer* terbagi atas 2 tipe yaitu tipe vektor dan tipe skalar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Disisi lain *gaussmeter* adalah sensor medan magnetik yang digunakan untuk mengukur medan magnet kuat.

C. Sensor Fluxgate

Sensor *fluxgate* adalah sensor magnetik yang bekerja berdasarkan perubahan flux magnetik disekitar elemen sensor (Gopel, dkk., 1989). Menurut Brauer (2006), *Fluxgate sensors are used as proximity sensors, for navigational and geomagnetic field measurement instruments, and for position and speed sensing*. Menurut Kubik (2009), *A*

Fluxgate sensoris 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 digunakan sebagai sensor proksimiti, untuk navigasi, mengukur medan magnet bumi, dan sebagai sensor posisi dan kecepatan.

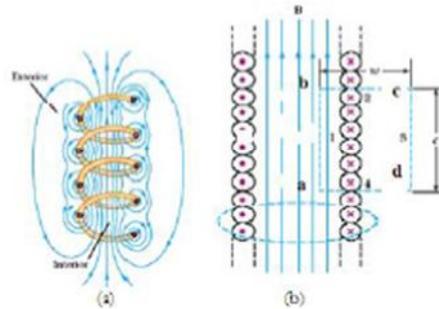
Salah satu bentuk probe sensor dalam sensor *fluxgate* adalah berbentuk lurus, probe ini terdiri dari inti yang terbuat dari logam khusus, kumparan primer dan kumparan sekunder. Probe yang dirancang disini adalah probe sensor yang terdiri dua buah inti. Pada masing-masing inti dililitkan *excitation coil* dan *pick-up coil*, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Elemen Sensor *Fluxgate* (Suyatno, 2008)

Kumparan eksitasi dan kumparan *pick-up* merupakan kumparan dengan panjang (l) yang diberi lilitan sejumlah (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.

Kumparan solenoid akan menimbulkan medan magnet ditengah-tengah kumparan. Medan magnet dapat diketahui dengan menggunakan Hukum Ampere. Daerah cakupan integrasinya pada daerah abcd pada Gambar 3 (b).



Gambar 3 (a) Sebuah Solenoida yang Dililitkan Secara Longgar, (b) Penampang Solenoida Dengan abcd Adalah lingkaran Tertutup

Hukum Ampere untuk solenoid dapat dilihat pada persamaan (1):

$$\oint_{abcd} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \quad (1)$$

Dengan i adalah arus yang terkandung dalam lengkung abcd. Bila dipisahkan untuk integral bagian ab, bc, cd, dan da maka integral bagian bc adalah nol karena $d\vec{l} = 0$, sedangkan bagian cd = 0 karena tidak ada medan magnet magnetik diluar solenoid. Akibatnya persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi persamaan (2)

$$\oint_{abcd} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_{ab} \vec{B} \cdot d\vec{l} \quad (2)$$

Karena \vec{B} sejajar dengan $d\vec{l}$ pada ab, maka sudut antara kedua vektor tersebut adalah nol sehingga integral $d\vec{l} = l$. Nilai l adalah panjang garis ab.

$$\oint_{abcd} \vec{B} \cdot d\vec{l} = Bl \quad (3)$$

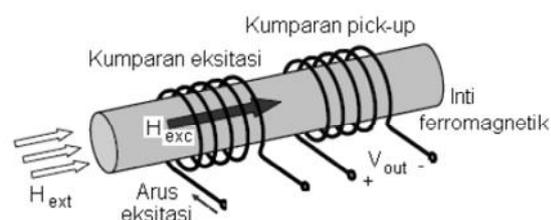
Bila solenoid dengan panjang l terdapat N lilitan, dan setiap lilitan dialiri arus I , maka persamaan (3) dapat ditulis ulang menjadi persamaan (4).

$$B = \mu_0 \frac{Ni}{l} \quad (4)$$

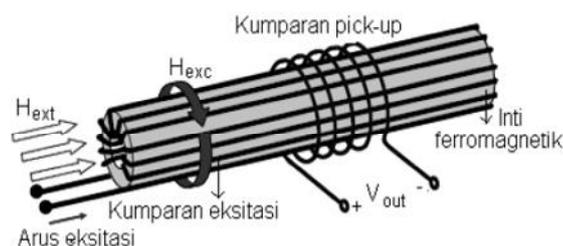
Berdasarkan persamaan (4) terlihat besar medan magnetik B bergantung pada N , i dan l , dimana μ_0 adalah nilai permeabilitas bahan. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus eksitasi akan menginduksi inti feromagnetik sehingga terjadi perubahan fluks magnetik didalam kumparan eksitasi. Perubahan fluks magnetik akan semakin besar sesuai dengan permeabilitas bahan yang digunakan inti.

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, disini digunakan osilator dengan frekuensi 4 kHz, dengan frekuensi sebesar ini hasil yang diperoleh lebih optimal. Frekuensi yang digunakan untuk kumparan eksitasi adalah setengah dari frekuensi ini yaitu 2 kHz (f), dan frekuensi 4 kHz ($2f$) digunakan untuk detektor fasa.

Berdasarkan arah medan eksitasi 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 diukur, sedangkan paralel sensor *fluxgate*: arah medan medan eksitasi sejajar dengan medan eksternal yang diukur.

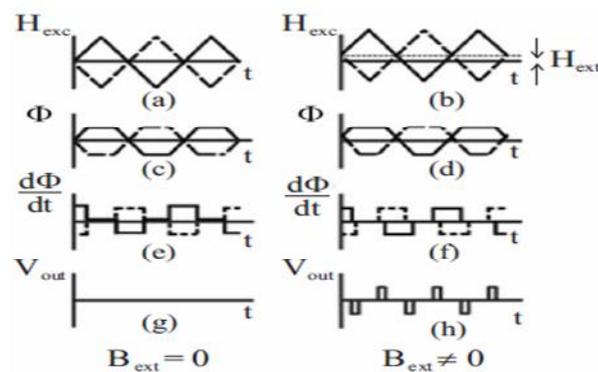


Gambar 4. Konfigurasi Paralel Sensor *Fluxgate* (Ando, dkk, 2006)



Gambar 5. Konfigurasi Ortogonal Sensor *Fluxgate* (Zorlu, 2008)

Pada metoda *fluxgate* pengukuran kuat medan magnet didasarkan pada hubungan antara kuat medan magnet yang diberikan dengan fluks medan magnet induksi . Jika yang dihasilkan berasal dari masukan berupa gelombang pulsa bolak-balik, maka dalam keadaan saturasi pada keluaran akan timbul gelombang harmonik genap, gelombang harmonik ke dua, yang besarnya sebanding dengan medan magnet luar yang mempengaruhi inti dan arahnya sebanding dengan arah medan magnet luar. Prinsip pengukuran ini dapat ditunjukkan Gambar 6.



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

Prinsip kerja sensor *fluxgate* ketika mengukur perubahan medan magnet luar ditunjukkan pada Gambar 6. Prinsip kerja sensor magnetik *fluxgate*. a) Medan eksitasi tanpa medan magnet luar $B_{ext}=0$; b) Medan eksitasi dengan medan magnet luar $B_{ext}\neq 0$; c) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada $B_{ext}=0$; d) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada $B_{ext}\neq 0$; e) perubahan fluks terhadap waktu pada $B_{ext}=0$; f) perubahan fluks terhadap waktu pada $B_{ext}\neq 0$; g) tegangan keluaran sensor pada $B_{ext}=0$; h) tegangan keluaran sensor pada $B_{ext}\neq 0$

Karakteristik tegangan keluaran sensor *fluxgate* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain: jumlah lilitan eksitasi dan *pick-up*, jumlah lapisan inti (Yulkifli, dkk. 2007, 2009, 2010), dimensi geometri elemen sensor (Hinnrics, dkk., 2001), sifat dan jenis material inti ferromagnetik (Ripka., 2008), frekuensi dan arus eksitasi (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, *et al.*, 1989). Dengan asumsi bahwa inti (*core*) sensor bertipe linear dan medan eksitasi berbentuk sinusoida, maka berdasarkan penurunan inti ini akan disaturasikan dengan medan eksitasi sinusoida sebagai

$$H_{ref} = H_{ref \max} \sin \omega t \quad (5)$$

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

$$H_{int} = \frac{H_{ext} + H_{ref \max} \sin \omega t}{1 + D(\mu_r - 1)} \quad (6)$$

dengan μ_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, ada baiknya menormalisasi kuat medan magnet internal menjadi H_0^* , dalam bentuk:

$$H_0^* = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{B_{sat} [1 + D(\mu_{rn} - 1)]}{\mu_{rn} \mu_0} \quad (7)$$

Disini kuat medan magnet dalam inti menjadi

$$h_{int} = \frac{H_{int}}{H_0^*} = h_{ext} + h_{ref \max} \sin \omega t \quad (8)$$

Komponen harmonisasi kedua sebanding dengan kuat medan magnet luar. Tegangan keluaran V_{out} dari kumparan sekunder juga sesuai dengan turunan waktu rapat flux di dalam inti, amplitudo tegangan keluran induksi dilukiskan dengan hukum faraday (Bashiroto, A., *et al.*, 2006):

$$V_{out} = -N \frac{d\Phi}{dt} = -NA \frac{dB}{dt} \quad (9)$$

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

Tegangan keluaran kumparan sekunder ternormalisasi V_{out} adalah :

$$V_{out} = - \frac{V_{out}}{NA} = \frac{dB}{dt} = B_0 \cdot \frac{db}{dt} \quad (10)$$

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

$$V_{out2h} = -3B_0NA \omega a_3 h_{ext} h_{ref}^2 \sin 2\omega t \quad (11)$$

$$V_{out2h} = h_{ext} K \sin 2\omega t \quad (12)$$

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 E_0 adalah rapat fluks magnetik, dan K adalah tetapan.

D. Sistem Pengukuran

Sistem deteksi jarak merupakan kumpulan unsur komponen yang saling melengkapi dalam melakukan kegiatan bersama untuk mencapai suatu tujuan, sehingga dapat menghasilkan data yang jelas. Hal ini sesuai dengan pendapat Nugraha (2009: 3) “Sistem adalah suatu kumpulan dari elemen-elemen atau komponen-komponen atau subsistem-subsistem yang saling berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu”. Suatu sistem akan terbentuk jika mempunyai suatu kesatuan dan tujuan yang berguna, dan akan mengalami perkembangan sesuai perkembangan tujuannya.

Pengukuran didefinisikan sebagai suatu proses membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis yang dipakai sebagai satuan. Besaran merupakan sesuatu yang dapat diukur yang dinyatakan dengan angka atau nilai yang memiliki satuan. Pengukuran suatu besaran biasanya dilakukan menggunakan alat ukur. Alat ukur dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu alat ukur analog dan digital

Alat ukur analog bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Proses pengiriman sinyal dilakukan melalui gelombang elektromagnetik dan bersifat variabel yang berurutan. Pembacaan alat ukur analog dilakukan melalui pembacaan skala yang ditunjukkan langsung oleh alat ukur. Dalam pembacaan skala ini sering terjadi kesalahan, sehingga data pengukuran yang didapatkan kurang tepat.

Alat ukur digital menggunakan sistem digital pada keluarannya. Sistem digital adalah sistem yang bekerja mengubah sinyal menjadi kombinasi bilangan 0 dan 1. Pemakaian sistem digital ini telah banyak menggantikan sistem analog. Perancangan alat ukur yang menggunakan sistem digital menggunakan IC. Pembacaan data hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital lebih mudah dan lebih akurat. Pengamat dapat membaca langsung nilai hasil pengukuran, tanpa melalui pembacaan skala. Pembacaan data alat ukur digital biasanya menggunakan display seven segment, LCD atau dihubungkan ke komputer.

Metoda pengukuran yang dilakukan meliputi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Menurut Mutiara (2004), Pengukuran langsung adalah pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan nilai hasil pengukuran secara langsung. Pengukuran langsung dapat dilakukan pada kondisi yang sama atau pada kondisi yang berbeda. Pada pengukuran langsung pada kondisi sama, seluruh pengukuran dilakukan oleh pengukur yang sama, alat yang sama, dan keadaan lingkungan yang sama. Sementara itu pengukuran langsung pada kondisi yang tidak sama, terjadi apabila pada waktu

pengukuran terjadi pergantian pengukur, alat, atau terjadi perubahan keadaan tempat melakukan pengukuran atau perubahan lingkungan. Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran yang dilakukan apabila nilai hasil ukuran tidak mungkin didapatkan secara langsung. Nilai hasil ukuran yang dicari didapatkan berdasarkan hubungan fungsional tertentu dari beberapa hasil pengukuran langsung.

Data yang diperoleh pengukuran secara langsung adalah tegangan keluaran rangkaian pengolah sinyal. Disisi lain data yang diperoleh secara tidak langsung adalah ketepatan yang didapat dari perbandingan antara alat ukur standar dengan alat ukur yang dibuat dan ketelitian didapat dengan cara melakukan pengukuran berulang dari sistem pengukuran jarak.

E. Spesifikasi Produk

Spesifikasi merupakan pendeskripsian secara mendetail tentang produk hasil penelitian. Menurut Bakri (2010: 1) “spesifikasi adalah ukuran (metrik) dan nilai dari ukuran tersebut (nilai metrik)”. Pada umumnya spesifikasi berisikan uraian tentang desain dan performansi. Secara umum spesifikasi digolongkan atas dua tipe yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain.

1. Spesifikasi Performansi

Spesifikasi performansi disebut juga dengan spesifikasi fungsional. Spesifikasi performansi adalah suatu uraian rinci mengenai material-material atau komponen-komponen pembentuk sistem serta mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem. Menurut Nasution (2010) “Spesifikasi performansi merupakan suatu proses membuat spesifikasi kinerja yang akurat dari solusi rancangan yang diperlukan”. Dalam proses perancangan suatu sistem harus memenuhi spesifikasi performansi agar dapat diperoleh suatu sistem yang optimal.

Spesifikasi performansi yang meliputi kualitas dan kuantitas pembentuk sistem yang dapat memberikan kemudahan dalam penggunaannya, pernyataan ini sesuai dengan ungkapan Bakri (2010: 1) yaitu salah satu cara yang paling baik dalam menentukan spesifikasi awal adalah dengan menerapkan *Quality Function Deployment/QFD* (penyebaran fungsi kualitas).

2. Spesifikasi Desain

Spesifikasi desain juga disebut sebagai spesifikasi produk. Spesifikasi desain adalah metrik dan nilai metrik yang harus dicapai oleh suatu produk dan bukan bagaimana produk harus bekerja (Bakri,2010). Spesifikasi desain tergantung pada sifat alami material yang digunakan. Spesifikasi desain menjelaskan tentang karakteristik statik produk, toleransi, bahan pembentuk sistem, ukuran sistem dan dimensi sistem.

Karakteristik statik dari sebuah sensor perlu diperhatikan untuk memilih peralatan sensor yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor. Karakteristik statik merupakan sifat sensor yang sulit untuk dirubah, meliputi ketepatan dan ketelitian sebuah sensor. Karakteristik statik sensor selain ketepatan dan ketelitian adalah fungsi transfer dan sensitivitas.

a. Fungsi Transfer

Fungsi transfer adalah hubungan ideal antara output dengan stimulus untuk setiap sensor. Menurut Fraden (2004), *An ideal (theoretical) output–stimulus relationship is characterized by the so-called transfer function*. Fungsi ini tergantung kepada sinyal listrik yang dihasilkan oleh sensor dan stimulus. Suatu hubungan linear antara output sensor dengan stimulus dapat dirumuskan :

$$S = a + bs \tag{13}$$

dimana a adalah sinyal keluaran pada saat sinyal masukannya nol, b adalah sensitivitas, sedangkan S adalah keluaran dari sensor.

b. Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Menurut Pallas S-Areny dan Webster (2001), *The sensitivity or scale factor is the slope of the calibration curve, whether it is constant or not along the measurement range. For a sensor in which output y is related to the input x by the equation $y = f(x)$, the sensitivity $S(x_a)$, at point x_a , is*

$$S(x_a) = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_a} \quad (14)$$

dimana S adalah sensitivitas dari sensor, y keluaran dari sensor, sedangkan x adalah masukan dari sensor tersebut.

c. Ketepatan

Ketepatan adalah perbedaan maksimum antara nilai sebenarnya dan nilai yang ditunjukkan oleh keluaran sensor. Pallas S-Areny (2001) mengatakan bahwa, *“Accuracy is the quality that characterizes the capacity of a measuring instrument for giving results close to the true value of the measured quantity”*. Dari pengertian *accuracy* yang dikatakan oleh Pallas S-Areny ini, dapat dikatakan bahwa ketepatan (*accuracy*) merupakan karakteristik dari sensor yang dapat memberikan hasil keluaran yang mendekati nilai sebenarnya.

Menurut Fraden (2004), *Inaccuracy is measured as a highest deviation of a value represented by the sensor from the ideal or true value at its input*. Ketidaktepatan (*inaccuracy*) biasanya dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\epsilon_0(\%) = \frac{X_m - X_t}{X_t} \times 100\% \quad (15)$$

dimana, X_t adalah nilai sebenarnya dan X_m adalah nilai yang diukur.

d. Ketelitian

Ketelitian adalah suatu kemampuan dari sensor untuk mendapatkan nilai yang sama. Menurut Pallas S-Areny dan Webster (2001) menyatakan bahwa “*Precision is the quality that characterizes the capability of a measuring instrument of giving the same reading when repetitively measuring the same quantity under the same prescribed conditions (environmental, operator, etc.), without regard for the coincidence or discrepancy between the result and the true value*”.

Berdasarkan pengertian ketelitian menurut Pallas S-Areny, dapat dikatakan ketelitian merupakan salah satu karakteristik dari sensor yang memberikan pembacaan yang sama pada pengukuran yang sama dan pada kondisi yang sama.

Ketepatan dan ketelitian yang merupakan karakteristik statik produk perlu diperhatikan untuk memilih peralatan suatu sistem yang tepat dan sesuai dengan penggunaan sistem tersebut. Ketepatan dari sistem merupakan suatu ukuran berapa dekatnya hasil dari output sensor (eksperimen) dengan nilai sebenarnya. Sedangkan ketelitian didefinisikan sebagai suatu ukuran, angka atau indikasi dari suatu set pengukuran berulang dari variabel yang sama sesuai dengan rata-rata dari set pengukuran tersebut.

Sistem deteksi jarak dirancang memenuhi spesifikasi dan karakteristik tertentu, perancangan perangkat sistem pendeteksi jarak memiliki karakteristik statik yang memiliki jangkauan serta batasan maksimum dan minimum dari level jarak yang diukur tergantung pada komponen yang digunakan.

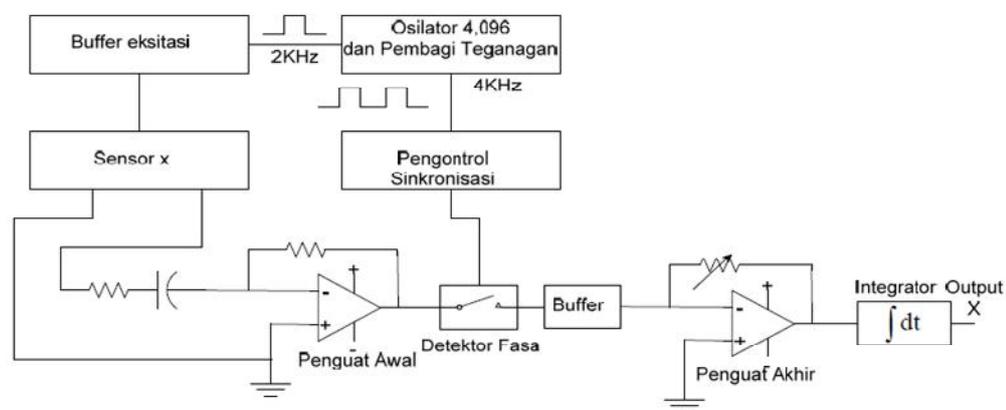
F. Rangkaian Pengolahan Sinyal

Rangkaian pengolah sinyal sensor adalah rangkaian elektronik yang mengubah, mengkompensasi atau memanipulasi keluaran sensor kedalam kualitas listrik yang dibutuhkan. Menurut Djamel (2010), Pengolahan sinyal sensor ditujukan untuk

mengatasi efek-efek pengaruh sehingga didapat nilai terbaik dari hasil pengukuran. Dengan teknik pengolahan sinyal yang sesuai maka karakteristik sistem sensor dan ketelitiannya dapat ditingkatkan secara signifikan.

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.

Untuk menghasilkan sensor *fluxgate* dengan karakteristik yang baik dibutuhkan rangkaian pengolah sinyal dan sensor *fluxgate* yang optimum. Pengolah sinyal sensor terdiri dari beberapa bagian, yaitu differensiator, detektor, sinkronisasi fasa, integrator, dan penguat akhir. Secara skematik diagram pengolah sinyal terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Diagram Pengolahan Sinyal dengan Sensor *Fluxgate*

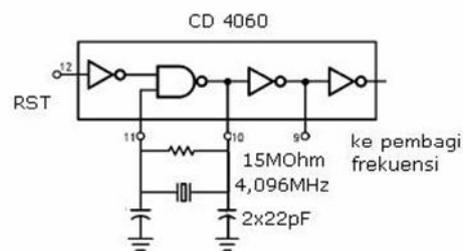
Dimana bagian-bagian dari diagram pengolah sinyal tersebut sebagai berikut:

1. Rangkaian Eksitasi

a. Osilator dan Pembagi Frekuensi

Osilator merupakan piranti elektronik yang menghasilkan keluaran berupa isyarat tegangan. Osilator digunakan secara luas sebagai sumber isyarat untuk menguji rangkaian elektronik. Osilator seperti ini disebut pembangkit isyarat, atau pembangkit fungsi jika isyarat keluarannya dapat mempunyai berbagai bentuk (Sutrisno, 1987).

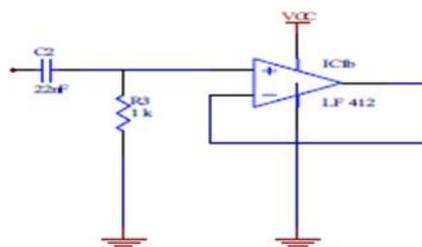
Osilator dalam pembuatan sensor magnetik *fluxgate* merupakan rangkaian dasar yang sangat penting. Osilator berfungsi sebagai sinyal eksitasi yang akan diberikan pada lilitan eksitasi (Wandi, 2008). Hal ini disebabkan karena stabilitas dari frekuensi medan yang dihasilkan tergantung kepada stabilitas osilator. Untuk mendapatkan kestabilan maka digunakan kristal. Rangkaian osilator dengan menggunakan kristal dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Osilator Kristal dan IC CD 4060 (Sutrisno, 1987)

b. Rangkaian Penyangga (*Buffer*)

Rangkaian penyangga atau *buffer* ini berguna untuk menghindari terjadinya jatuh tegangan. Rangkaian *buffer* yang ideal memiliki penguatan satu dengan impedansi masukan yang sangat besar dan impedansi keluaran yang sangat kecil. Hambatan yang terdapat di dalam detektor fasa tidak akan mengurangi besar tegangan sinyal yang keluar dari detektor tersebut. Pada akhirnya penambahan *buffer* akan menjadikan keluaran sistem sensor menjadi lebih stabil dari yang sebelumnya. Susunan *buffer* sama seperti Gambar 9.

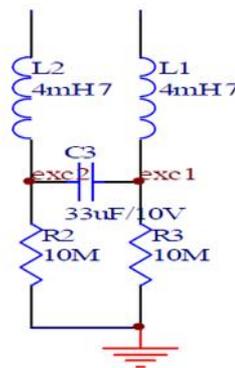


Gambar 9. *Op-amp* yang Berfungsi sebagai *Buffer* Sinyal (Malvino, 1985)

c. Pembangkit Sinyal Eksitasi

Pembangkit sinyal eksitasi merupakan bagian yang penting dalam rangkaian eksitasi. Sinyal eksitasi harus memiliki tegangan yang cukup untuk menggerakkan

lilitan eksitasi, ini diperlukan agar sinyal dapat mensaturasi inti Vitrovac 6025. Bila hal ini tidak dipenuhi maka sensor tidak akan bekerja dengan baik karena memiliki efek memori. Rangkaian generator sinyal eksitasi ini terdiri dari induktor, resistor dan kapasitor, seperti pada Gambar 10.



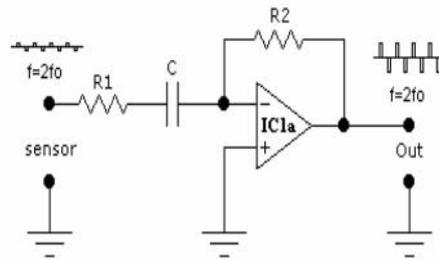
Gambar 10. Rangkaian Generator Sinyal Eksitasi (Yulkifli, 2011)

2. Rangkaian Penguat

a. Penguat Awal

Rangkaian penguat yang digunakan adalah penguat differensial. Penguat ini berfungsi sebagai pendiferensial sinyal yang keluar dari elemen sensor. Rangkaian ini mempunyai dua masukan. Karena digandeng langsung, sinyal masuknya dapat mempunyai frekuensi sampai nol, artinya sama dengan dc. Rangkaian ini bersifat simetris, akibatnya tegangan keluar berharga nol bila dua masukkannya sama (Malvino, 1985).

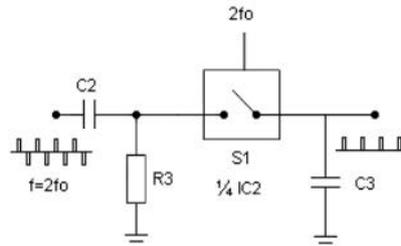
Pada rangkaian pengolah sinyal sensor *fluxgate* ini, penguat awal berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima oleh *pick-up* (Yulkifli, 2010). Dalam keadaan tanpa adanya medan magnetik luar, penjumlahan arus yang melewati lilitan *pick-up* sensor akan sama dengan nol. Ketika diganggu dengan medan magnetik luar, maka terdapat perbedaan arus diujung lilitan *pick-up*. Selisih arus pada ujung-ujung kumparan *pick-up* dirubah menjadi tegangan oleh penguat awal yang berbentuk integrator dan sekaligus diperkuat. Blok dasar rangkaian penguat awal seperti Gambar.11



Gambar 11. Rangkaian Penguat Awal (Sutrisno, 1987)

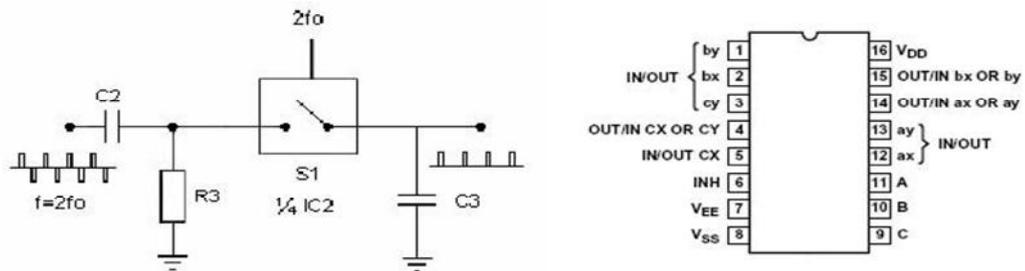
b. Detektor Sinkronisasi

Detektor fasa (sinkronisasi), bagian ini berfungsi untuk mendeteksi fasa dari sinyal yang masuk dari penguat awal, detektor ini akan meneruskan sinyal dengan frekuensi harmonisasi kedua dengan menggunakan frekuensi referensi osilator (f_0) sebelum dibagi dua oleh pembagi frekuensi, sementara itu harmonisasi ganjil dan yang lain tidak diteruskan.



Gambar 12. Rangkaian Detektor Fasa Ketika Keluaran Sensor Positif (Yulkifli, 2011)

Rangkaian detektor sinkronisasi terdiri dari sakelar elektronik. Salah satu IC yang memiliki sakelar ini adalah CD4053. Sakelar memiliki resistansi 125Ω jika berada dalam keadaan terhubung. Sakelar berguna sebagai relay. Maka digunakan dua sakelar untuk menghindari ketidakstabilan. Skematik rangkaian yang terdapat dalam IC CD4053 seperti pada Gambar 13.

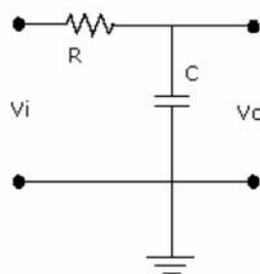


Gambar 13. Blok Diagram IC CD4053, Pin Out dari IC (Sutrisno, 1987)

c. Integrator

Rangkaian integrator merupakan rangkaian yang tegangan keluarannya sama dengan integral dari masukannya. Menurut Malvino (1985), sebuah rangkaian integrator adalah rangkaian yang menyelenggarakan operasi integrasi secara matematik karena dapat menghasilkan tegangan keluar yang sebanding dengan integral masukan.

Rangkaian integrator berfungsi sebagai pengintegrasian keluaran sekaligus sebagai tapis lolos rendah. Jika domain yang digunakan adalah domain frekwensi maka ia berfungsi sebagai tapis, namun bila domain waktu yang digunakan maka rangkaian tersebut sebagai integrator. Integrator yang digunakan dalam rangkaian ini adalah integrator pasif. Bentuk rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar.14.

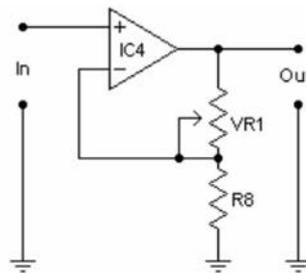


Gambar 14. Rangkaian Integrator (Sutrisno, 1987)

d. Penguat Akhir

Sinyal yang keluar dari integrator masih lemah dan perlu diperkuat agar dapat diukur. Ada dua macam penguat yang dapat digunakan yaitu penguat instrumentasi dan penguat *inverting* dan *non-inverting*. Penguat yang digunakan disini adalah penguat

inverting atau penguat membalik. Penguat tegangan membalik menghasilkan tegangan keluar yang sefasa dengan tegangan masuk. Rangkaian ini adalah pengubah arus ke tegangan yang digerakkan oleh sumber tegangan dan bukan sumber arus (Sutrisno, 1985). Blok rangkaian penguat akhir seperti Gambar 15.



Gambar 15. Blok Diagram Penguat Akhir (Sutrisno, 1987)

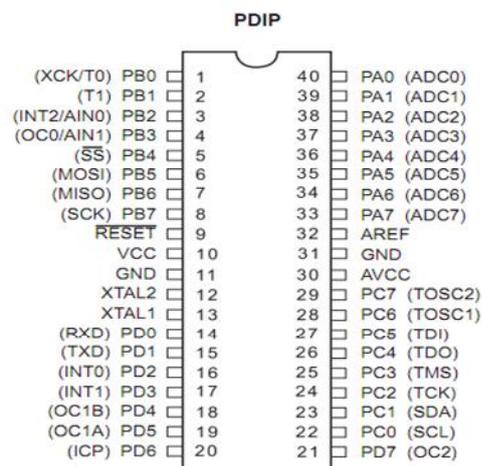
Pada penguat akhir, keluaran dari tapis lolos rendah diatur penguatannya. Rangkaian ini diperlukan untuk mengkalibrasi keluaran sensor magnetik agar sesuai dengan medan magnet yang dideteksi oleh sensor. Penguat ini merupakan penguat tak membalik, dimana penguatannya diatur dengan resistor variabel 1 (VR1). Penguatan minimal dari penguat akhir sama dengan 1.

Keseluruhan bagian yang telah dirangkai ini bekerja secara analog. Keluaran yang diperoleh dari rangkaian ini berupa tegangan analog yang merepresentasikan besar medan magnetik yang dideteksi.

3. Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA8535

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram. Secara umum mikrokontroler terdiri atas sebuah CPU (*Central Processing Unit*) yang berfungsi sebagai pengontrol program, ROM peralatan pendamping yang dikemas dalam suatu chip tunggal. Mikrokontroler akan bekerja sesuai dengan program yang telah diberikan kepadanya.

Mikrokontroler yang digunakan pada desain ini adalah ATMEGA8535. Mikrokontroler ATMEGA8535 merupakan mikrokontroler generasi AVR (*Alf and Vegard's Risk processor*). Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) dengan lebar bus data 8 bit dan kecepatan maksimal 16 MHz. IC ini mempunyai 40 kaki, 32 kaki, diantaranya adalah kaki untuk keperluan port paralel. Satu port terdiri atas 8 kaki, sehingga 32 kaki tersebut membentuk 4 port paralel, yang masing-masing dikenal dengan port A, port B, port C, port D. Nomor dari masing-masing kaki port paralel dimulai dari 0 sampai 7.



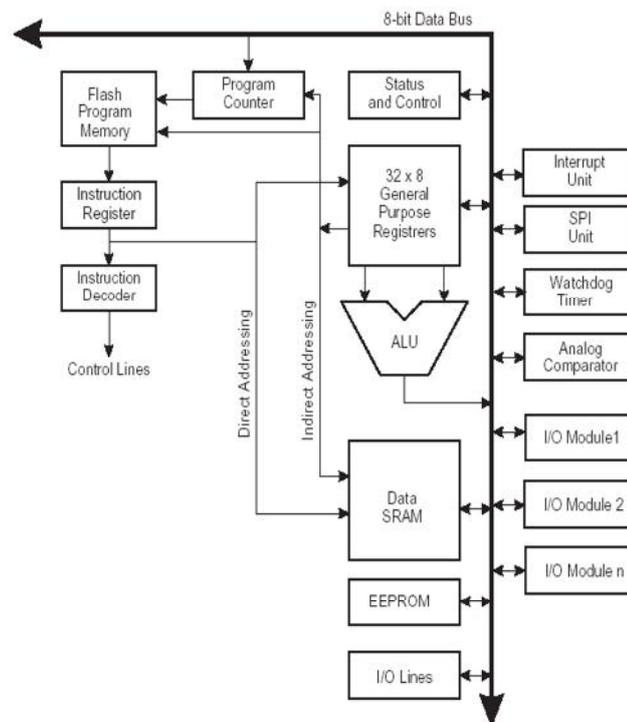
Gambar 16. Diagram Pin Mikrokontroler ATMEGA8535
(Sumber: Datasheet ATMEGA8535, www.atmel.com)

Fungsi dari masing-masing kaki (pin) mikrokontroler:

- VCC berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- GND merupakan pin ground.
- Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
- Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus untuk Timer/Counter, Komparator analog, dan SPI.
- Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin khusus untuk TWI, Komparator analog, dan Timer Oscilator.

- f. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/ O dua arah dan pin khusus untuk Komparator analog, Interupsi eksternal, dan Komunikasi serial.
- g. RESET (kaki 9) merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroller.
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal.
- i. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
- j. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

Blok diagram struktur arsitektur dasar dari mikrokontroller AVR dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Blok Diagram Arsitektur AVR
(Sumber: www.atmel.com, *ATMega8535Datasheet*)

Mikrokontroller ATMEGA8535 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data dan memori EEPROM. Ketiganya memiliki ruang sendiri dan terpisah.

1) Memori Program

ATMEGA8535 memiliki kapasitas memori program sebesar 8 Kbyte yang terpetakan dari alamat 0000h – 0FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar

data 16 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program boot dan bagian program aplikasi.

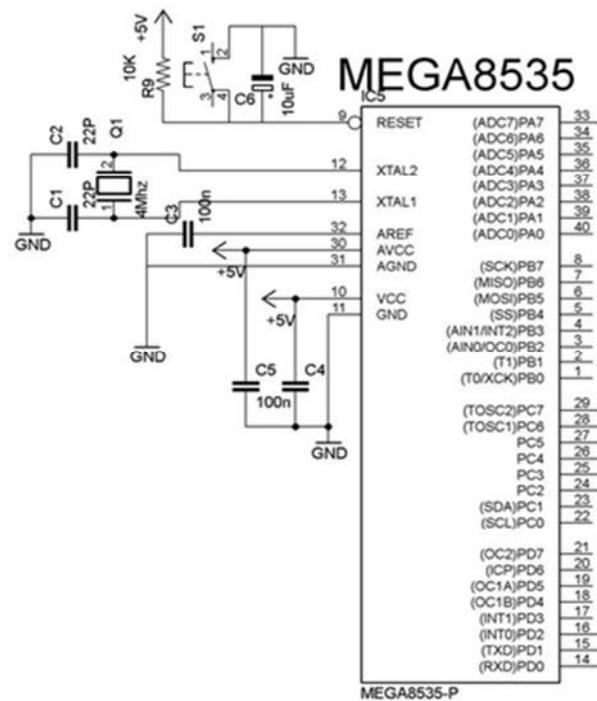
2) Memori Data

ATMEGA8535 memiliki kapasitas memori data sebesar 608 byte yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu register serba guna, register I/O dan SRAM. ATMEGA8535 memiliki 32 byte register serba guna, 64 byte register I/O yang dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM dan 512 byte digunakan untuk memori data SRAM.

3) Memori EEPROM

ATMEGA8535 memiliki memori EEPROM sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM ini hanya dapat diakses dengan menggunakan register-register I/O yaitu register EEPROM Address, register EEPROM Data, dan register EEPROM Control. Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlakukan seperti mengakses data eksternal, sehingga waktu eksekusinya relatif lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

ATMEGA8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATMEGA8535 dapat dikonfigurasi, baik secara *single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, ADC ATMEGA8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.



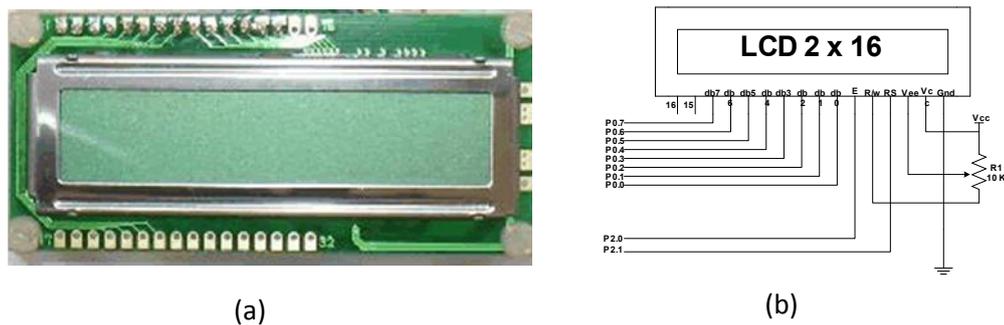
Gambar 18. Sistem Minimum Mikrokontroler ATMEGA8535
(Sumber: Datasheet ATMEGA8535, www.atmel.com)

Mikrokontroler dapat beroperasi jika dihubungkan dengan rangkaian elektronik minimum atau biasa disebut juga dengan sistem minimum mikrokontroler (Gambar 18). Pin 10 (VCC) dan pin 30 (AVCC) dihubungkan ke catu daya 5 Volt. Pin 11 dan pin 31 dihubungkan ke ground. Pin 12 dan pin 13 dihubungkan dengan kristal 4 Mhz dan dua buah kapasitor 22 pF. Rangkaian yang dihubungkan pada pin 12 dan pin 13 ini disebut rangkaian osilator yang digunakan sebagai sumber detak (*clock*) ke CPU. XTAL ini akan mempengaruhi kecepatan mikrokontroler dalam mengeksekusi setiap perintah dalam program. Pin 9 yang merupakan pin reset harus bernilai high, dan tidak dalam logika 0 (0 Volt).

4. Tampilan Hasil Pengukuran

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan perangkat yang digunakan untuk menampilkan data selain menggunakan seven segment. LCD adalah sebuah modul yang terdapat beberapa komponen yang disusun menjadi satu juga terdapat mikrokontroler

didalamnya sebagai pengendali (Sulhan, S: 2006). LCD digunakan sebagai alat komunikasi antara user dengan peralatan yang dikontrol. Pada sistem ini LCD digunakan untuk menampilkan menu pilihan seting jarak. Bentuk LCD dapat diperhatikan pada Gambar 19 .



Gambar 19. Bentuk LCD
 (a) Bentuk Fisik LCD 2 x 16
 (b) Rangkaian Display LCD

Operasi dasar LCD terdiri dari empat kondisi, yaitu instruksi mengakses proses internal, instruksi menulis data, instruksi membaca kondisi sibuk dan instruksi membaca data. Kombinasi instruksi dasar inilah yang dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD. Ketika sistem mulai diaktifkan maka proses yang dilakukan mikrokontroler adalah inisialisasi. Selama proses inisialisasi akan ditampilkan beberapa pesan yang berhubungan dengan proses tersebut. LCD akan menampilkan kata-kata pembuka dan menunggu hingga user untuk mengaktifkan menu utama tersebut.

Tampilan LCD terdiri dari dua bagian, yakni bagian panel LCD yang terdiri dari banyak “titik”. LCD dan sebuah mikrokontroller yang menempel dipanel dan berfungsi mengatur ‘titik-titik’ LCD tadi menjadi huruf atau angka yang terbaca. Huruf atau angka yang akan ditampilkan dikirim ke LCD dalam bentuk kode ASCII. Kode ASCII ini diterima dan diolah oleh mikrokontroller di dalam LCD menjadi ‘titik-titik’ LCD yang terbaca sebagai huruf atau angka. Dalam sistem ini tugas mikrokontroller pemakai

tampilan LCD hanyalah mengirimkan kode-kode ASCII untuk ditampilkan. Tampilan dari LCD seperti Tabel 1

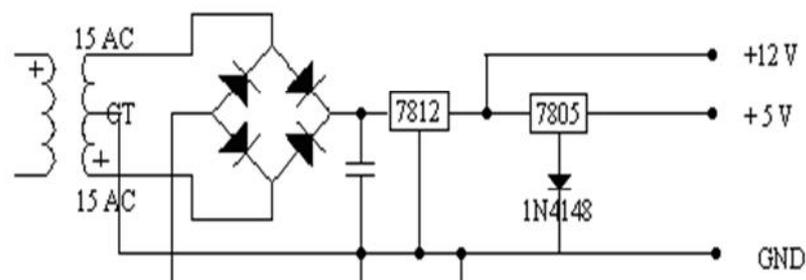
Tabel 1. Fungsi Pin Pada LCD

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

5. Catu Daya Teregulasi

Power supply merupakan suatu peralatan yang sangat penting karena hampir semua peralatan elektronika memerlukan tegangan DC untuk mengoperasikannya.

Power supply (catu daya) adalah suatu alat yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Catu daya teregulasi dapat dibangun dari IC regulator tegangan. IC regulator tegangan ini diantaranya adalah seri IC 78XX dan 79XX, dimana IC ini akan memberikan regulator tegangan sesuai yang diinginkan. Hal ini senada dengan yang dinyatakan oleh Sutrisno (1987) yaitu: “Untuk regulasi tegangan yang tidak terlalu ketat kita dapat gunakan regulator tegangan IC tiga terminal. Regulator ini dikenal sebagai seri 78XX dan 79XX. Regulator IC 78XX adalah regulator tegangan positif untuk XX Volt, sedangkan 79XX adalah regulator tegangan negatif untuk XX Volt”. Salah satu catu daya teregulasi dengan tegangan keluaran dapat divariasikan sesuai contoh diatas seperti Gambar 20.



Gambar 20. Rangkaian Catu Daya Teregulasi

Tegangan DC teregulasi diperoleh dengan cara terlebih dahulu menurunkan tegangan bolak-balik (AC) dari PLN melalui sebuah transformator step-down. Tegangan AC yang telah diturunkan kemudian disearahkan dengan menggunakan empat dioda yang membentuk penyearah sistem jembatan. Pada keluaran dari penyearah dihubungkan dengan kapasitor sebagai filter, sehingga dihasilkan tegangan keluaran DC tak teregulasi

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan analisis terhadap besaran yang terdapat dalam sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Fungsi transfer dari sensor *fluxgate* Z61 didapatkan dalam bentuk hubungan $V_0 = 0.0245x^2 - 0.622x + 3.977$, sensitivitas sensor berbentuk linear sebagai fungsi dari jarak $S = 0.049x - 0.622$ dan ketelitiannya 0.999
2. Sistem pengukuran jarak benda digital ini dibangun oleh sensor sensor *fluxgate*, rangkaian penguat instrumentasi, rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega8535, daya teregulasi; jarak yang diukur ditampilkan pada LCD, mikrometer sekrup sebagai alat ukur dan dapat beroperasi pada tegangan 220V/50Hz. Sistem ini mampu mengukur jarak 7 sampai 15 milimeter dengan nilai skala terkecil 0.5 milimeter.
3. Ketepatan dari sistem pengukuran jarak ini benda digital ini termasuk tinggi dengan ketepatan 0.875, kesalahan rata-rata 12%, ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran ini adalah 83% dengan standar deviasi rata-rata 0.003 dan kesalahan relatif rata-rata 33.7%.

B. Saran - Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat dikemukakan saran-saran sebagai tindak lanjut dari penelitian ini yaitu :

1. Penelitian terhadap pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* ini dapat dikembangkan dengan menggunakan sensor magnetik yang lain, sehingga dapat mengukur jarak dengan interval pengukuran yang lebih kecil.

2. Penelitian terhadap pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* untuk Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika UNP, sebaiknya dibuatkan atau disediakan ruang Faraday, agar mahasiswa bisa memanfaatkannya untuk penelitian yang berhubungan dengan medan magnet.
3. Penelitian terhadap pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* dapat dikembangkan dengan desain mekanik yang lebih baik, sehingga kedudukan magnet batang dan sensor *fluxgate* yang tidak mudah bergerak.
4. Penelitian terhadap pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* dapat dikembangkan dengan hasil pengukuran yang lebih baik dimana harus dilakukan diruangan faraday sehingga hasil pengukuran tidak dipengaruhi oleh medan magnet bumi.
5. Penelitian terhadap pembuatan sistem pengukuran jarak benda digital berbasis sensor *fluxgate* selanjutnya diharapkan untuk lebih memperhatikan posisi pengambilan data awal, karena posisi pengambilan data akan mempengaruhi hasil yang didapat karena tidak dilakukan diruang Faraday.