



**RANCANG BANGUN TESLAMETER DIGITAL DAN SISTEM
APLIKASINYA DALAM PENGUKURAN MEDAN MAGNET
BERBASIS DATA DIGITAL KOMPUTATIF**

SKRIPSI

**Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Universitas Negeri Semarang**

Oleh

**Rodhotul Muttaqin
NIM. 4250401014**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA
2006**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui pembimbing untuk dimajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Pembimbing I

Drs. Agus Yulianto, M.Si.
NIP 131900801

Semarang, Maret 2005

Pembimbing II

Drs. Sunyoto Eko N., M.Si.
NIP 131813679

PENGESAHAN KELULUSAN

Skripsi ini telah dipertahankan dalam sidang ujian skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang pada:

Hari : Sabtu

Tanggal : 1 April 2006

Panitia Ujian

Ketua

Drs. Kasmadi Imam S., M. S.
NIP 130781011

Pembimbing I

Drs. Agus Yulianto, M.Si.
NIP. 131900801

Pembimbing II

Drs. Sunyoto Eko N., M.Si.
NIP 131813679

Sekretaris

Drs. M. Sukisno, M.Si.
NIP 130529522

Penguji I

Drs. Susilo, M.S.
NIP 130529515

Penguji II

Drs. Agus Yulianto, M.Si.
NIP. 131900801

Penguji III

Drs. Sunyoto Eko N., M.Si.
NIP 131813679

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip dan dirujuk secara ilmiah.

Semarang, 1 April 2006

Rodhotul Muttaqin
NIM 4250401014

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“ Jika hidup tak penuh tantangan tak akan aku berperan dalam dunia yang kian porak poranda ini “

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

- 1. Kedua orang tuaku, Bapak Kamari dan Ibu Sumi'ati.*
- 2. Kakakku tersayang, Mbak Sofyanti, Mas M. Azis Mas, Abd. Rohman, Dek Indana A.*
- 3. Keluarga besar Mbah Moh. Ratman dan Mbah Mat Usup.*
- 4. Arinna Fiola Dwi Kieswari My Soulmate.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini telah tersusun dengan baik karena bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Drs. Agus Yulianto, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan selama pembuatan skripsi ini.
2. Drs. Sunyoto Eko Nugroho, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama pembuatan skripsi ini.
3. Drs. M. Sukisno, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNNES.
4. Drs. Hadi Susanto, M.Si, selaku Kepala Laboratorium Fisika yang telah memberikan ijin penelitian.
5. Drs. Imam Sumpono, M.Si, atas segala bantuan yang diberikan.
6. Drs. Teguh Darsono, M.Si, atas segala saran yang diberikan.
7. Mas Wasi Sakti W.P., S.Pd, serta semua teknisi Laboratorium Fisika UNNES.
8. All Magnetic Generation: Pap Dika, Billy '*The Kid*', Adjiek '*milling*', Khoirul Zen '*Jepolo*', Purwo Jatchy '*beton*', Waridin '*calon wong sugih*', Taufik H '*rubber boy*', Riza U '*histeresis*'.
9. Semua sahabat-sahabatku: Eko '*Hex*' Ariyadi, Novi R.D, Novi I., Rio, Winda, Indie, Roha, Susilowati, Nining B, Astrid, Dwi Umi, Tika, Eri dan semua teman angkatan 2001.

10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa pengetahuan yang penulis miliki masih dangkal dan sempit, sehingga penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini.

ABSTRAK

Rodhotul Muttaqin. 2006. Rancang Bangun Teslameter Digital dan Aplikasinya Dalam Pengukuran Medan Magnet Berbasis Data Digital Komputatif. Pembimbing I: Drs. Agus Yulianto, M.Si. Pembimbing II: Drs. Sunyoto Eko Nugroho, M.Si.

Telah dilakukan rancang bangun teslameter digital dengan tampilan modul M1632 LCD. Teslameter ini menggunakan sensor efek Hall UGN3503 untuk mengubah besaran medan magnet menjadi tegangan listrik analog yang setara.

Proses pengukuran medan magnet diawali dengan pengubahan medan magnet menjadi tegangan listrik analog oleh sensor efek Hall. ADC0809 digunakan untuk mengubah tegangan analog keluaran dari sensor tersebut menjadi tegangan digital 8 bit dengan teknik pendekatan beruntun atau SAR (*Succesive Aproximation Register*). Data digital keluaran dari ADC0809 diumpankan ke mikrokontroller AT89C51.

Proses pengambilan dan penampilan data hasil pengukuran dikendalikan oleh mikrokontroller. Dalam proses pengambilan data, mikrokontroller menginisialisasi ADC0809, mengirimkan perintah untuk memulai konversi, kemudian mengambil data 8 bit dari ADC0809 untuk diolah. Data 8 bit hasil konversi ditempatkan pada sebuah alamat pada memori. Dalam proses penampilan data, mikrokontroller menginisialisasi LCD, mengirimkan perintah tulis ke LCD, dan mengirimkan data ke register memori LCD.

Teslameter yang dibuat mampu mengukur medan magnet sampai dengan 1600 gauss. Teslameter ini juga telah dikalibrasi dengan menggunakan teslameter PASCO. Dalam proses kalibrasi terdapat ketidaktepatan alat ukur yang dibuat. Hal ini karena teslameter yang dibuat kurang responsif terhadap medan magnet yang kecil.

Kata Kunci: Sensor efek Hall, medan magnet, teslameter digital, modul M1632LCD

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN KELULUSAN	iii
PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Alasan Pemilihan Judul	1
B. Permasalahan	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan	3
E. Manfaat.....	4
F. Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II: LANDASAN TEORI	
A. Medan Magnet	5
B. Sensor Medan Magnet	6

C. Penguat Operasional	8
D. Pengubah Analog ke Digital (ADC)	13
E. Mikrokontroler	19
F. Penyaji Kristal Cair (<i>Liquid Crystal Display</i>)	21
BAB III: METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	24
B. Alat dan Bahan	24
C. Prosedur Kerja	25
D. Kalibrasi Alat Ukur dan Pengambilan Data	31
E. Cara Kerja Keseluruhan Sistem	32
BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	35
B. Pembahasan	40
BAB V: PENUTUP	
A. Simpulan	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Karakteristik elektrik sensor UGN3503UA.....	7
Tabel 2 : Tabel hubungan tiga bit <i>address</i> dalam ADC0809.....	16
Tabel 3 : DDRAM (<i>Display Data Random Access Memory</i>) LCD.....	22
Tabel 4 : Hasil Pengujian Linieritas Alat.....	45
Tabel 5 : Hasil Pengujian Ketepatan Alat.....	46
Tabel 6 : Fungsi alternatif pada Port 3.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Blok diagram fungsional dari IC UGN3503UA	6
Gambar 2.2	: Grafik sensitivitas sensor terhadap tegangan masukan	8
Gambar 2.3	: Diagram hubungan op-amp dalam LM324.....	10
Gambar 2.4	: Rangkaian penyangga / <i>Buffer</i>	10
Gambar 2.5	: Rangkaian penguat instrumentasi	11
Gambar 2.6	: Simbol pin-pin ADC0809.	14
Gambar 2.7	: Diagram blok ADC0809.	15
Gambar 2.8	: Diagram teknik pendekatan beruntun.	17
Gambar 2.9	: Diagram pin mikrokontroler Atmel AT89C51	20
Gambar 3.1	: Skema rancang bangun alat.....	25
Gambar 3.2	: Rangkaian pengkondisian sinyal.....	27
Gambar 3.4	: Rangkaian sistem ADC0809.....	28
Gambar 3.5	: Rangkaian mikrokontroler untuk menampilkan hasil pengukuran medan magnetik dengan LCD.....	29
Gambar 3.6	: Diagram blok modul penyaji kristal cair.....	30
Gambar 4.1	: Grafik hubungan medan magnet terhadap jarak.	35
Gambar 4.2	: Hubungan tegangan keluaran dari sensor efek Hall dengan tampilan LCD.....	37
Gambar 4.3	: Grafik perbandingan hasil ukur dengan menggunakan teslameter PASCO dengan alat yang dibuat.	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Pengujian Linieritas dan Ketepatan Alat	47
Lampiran 2 : Program Mikrokontroller untuk Menampilkan Data Hasil Pengukuran Medan Magnet.	49
Lampiran 3 : Desain Rangkaian Alat Ukur Medan Magnet.	58
Lampiran 4 : Foto-foto Penelitian.	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Karakteristik elektrik sensor UGN3503UA.....	7
Tabel 2 : Tabel hubungan tiga bit <i>address</i> dalam ADC0809.....	16
Tabel 3 : DDRAM (<i>Display Data Random Access Memory</i>) LCD.....	22
Tabel 4 : Hasil Pengujian Linieritas Alat.....	45
Tabel 5 : Hasil Pengujian Ketepatan Alat.....	46
Tabel 6 : Fungsi alternatif pada Port 3.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Alasan Pemilihan Judul

Magnet permanen yang digunakan pada hampir semua peralatan elektronika dalam prakteknya dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, salah satu diantaranya adalah magnet ferrit. Magnet jenis ini disintesis dengan menggunakan bahan dasar besi oksida. Hal yang cukup menggembirakan adalah bahwa mineral besi oksida alamiah terdapat secara melimpah di Indonesia, misalnya dalam bentuk pasir besi. Dalam pasir besi terkandung beberapa anggota besi oksida, misalnya magnetit (Fe_3O_4), maghemit ($\gamma-Fe_2O_3$), dan hematit ($\alpha-Fe_2O_3$) (Yulianto, 2002).

Dalam kurun empat tahun terakhir, di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika UNNES tengah dilakukan penelitian intensif tentang pasir besi. Dalam penelitian tersebut telah dilakukan beberapa proses, diantaranya adalah pemisahan mineral magnetit dari pengotornya (ekstraksi), oksidasi bahan magnetit menjadi maghemit dan hematit, dan pembuatan serbuk barium ferrit yang siap dibuat menjadi magnet permanen. Proses selanjutnya adalah magnetisasi bahan dengan induktor elektromagnetik medan tinggi sehingga dihasilkan sebuah produk magnet permanen.

Produk magnet permanen yang dihasilkan selanjutnya perlu diketahui parameter fisisnya. Karakterisasi terhadap produk yang dihasilkan diantaranya adalah pengujian sifat mekanik, analisis struktur kristal, pengukuran medan

magnet remanensi dan lain-lain. Medan magnet remanensi dan medan koersifitas dapat diukur dengan menggunakan teslameter. Besarnya medan magnet dapat diukur secara langsung dengan teslameter. Selama ini untuk keperluan penelitian pengukuran medan magnet sering dilakukan di lembaga luar UNNES karena tidak adanya alat ukur medan magnet di lembaga ini.

Mengingat pentingnya teslameter tersebut guna mendukung berkembangnya riset tentang bahan magnetik yang berkelanjutan, maka penulis melakukan penelitian yang berkaitan dengan rancang bangun teslameter digital.

B. Permasalahan

Permasalahan yang muncul dalam penelitian yang berfokus mengembangkan alat ukur medan magnet ini antara lain adalah:

1. Rancang bangun (desain) alat yang dapat mengesan medan magnet dan mengubahnya menjadi tegangan analog yang dapat berubah sesuai dengan perubahan medan.
2. Desain sebuah rangkaian antarmuka untuk mengolah sinyal analog menjadi besaran digital.
3. Tampilan hasil pengukuran medan magnet agar dapat dilihat secara langsung di layar LCD.

C. Batasan Masalah

Untuk keperluan kegiatan pembuatan alat dan karakterisasinya, dalam penelitian ini dilakukan pembatasan sebagai berikut.

1. Pembuatan alat ukur medan magnet dibatasi pada alat ukur digital yang berbasis pada mikrokontroler AT89C51 dengan tampilan modul M1632 LCD.
2. Pengujian yang dilakukan terhadap alat ukur adalah menyangkut 2 karakter alat, yaitu:
 - a. Linieritas alat terhadap perubahan medan magnet yang diukur.
 - b. Kalibrasi alat dilakukan dengan mencocokkan hasil pengukuran oleh alat hasil rancang bangun dengan hasil pengukuran teslameter PASCO CI-6520A.

D. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Melakukan rancang bangun suatu alat instrumentasi yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya medan magnet.
2. Membuat rangkaian antarmuka untuk mengubah tegangan listrik analog menjadi tegangan digital.
3. Mengembangkan teknik antarmuka untuk menampilkan hasil pengukuran medan magnet tersebut dengan tampilan modul M1632 LCD.

E. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Terciptanya alat ukur medan magnet.
2. Memberikan pengetahuan tentang teknik mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.
3. Memberikan pengetahuan tentang teknik antarmuka mikrokontroler dengan modul M1632 LCD.

F. Sitematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi.

1. Bagian pendahuluan skripsi, terdiri dari : halaman judul, sari (abstrak), halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.
2. Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I. Pendahuluan, berisi alasan pemilihan judul, perumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika skripsi.

BAB II. Landasan Teori, berisi teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III. Metode Penelitian, berisi tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, desain alat, karakterisasi dan kalibrasi alat yang dibuat, dan metode analisis data.

BAB IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan, di dalam bab ini dibahas tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan setelah dianalisis dengan rumus yang sesuai dan pembahasan hasil penelitian tersebut.

BAB V. Simpulan dan Saran, berisi tentang simpulan dan saran-saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

3. Bagian akhir, memuat tentang daftar pustaka yang digunakan dalam menyelesaikan skripsi ini dan lampiran-lampiran.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Medan Magnet

Medan magnet adalah ruangan disekitar sebuah magnet atau penghantar yang dialiri arus listrik (Halliday & Resnick, 1989). Medan magnet merupakan besaran vektor sehingga untuk menyatakannya dapat digunakan garis medan. Sebagai contoh besarnya medan induksi magnet \vec{B} dapat dinyatakan sebagai jumlah garis medan per satuan luas. Bila $d\vec{A}$ adalah vektor pada elemen luas S dan \vec{B} adalah vektor induksi yang menembus elemen luas tersebut, maka jumlah garis gaya atau fluks Φ yang keluar dari permukaan S adalah:

$$\Phi = \oint_s \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad \dots(1)$$

Integral permukaan $\vec{B} \cdot d\vec{A}$ menyatakan produk skalar antara vektor \vec{B} dan $d\vec{A}$, persamaan (1) dapat ditulis dalam bentuk:

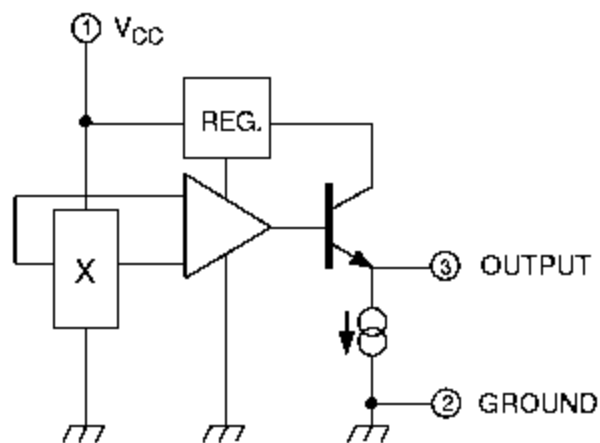
$$\Phi = \oint_s B \, dA \cos \theta = \int_s B_n \, dA \quad \dots(2)$$

dengan θ adalah sudut antara vektor \vec{B} dan $d\vec{A}$, sedangkan $B_n = B \cos \theta$ adalah komponen B pada arah normal permukaan. Hubungan di atas merupakan pernyataan matematis medan induksi magnet \vec{B} yang digambarkan sebagai jumlah garis gaya tiap satuan luas, sehingga induksi magnet \vec{B} disebut pula sebagai rapat fluks (Sutrisno dan Tan, 1983). Alat yang digunakan untuk mengukur besarnya medan induksi adalah teslameter atau gaussmeter.

B. Sensor Medan Magnet

Sensor termasuk komponen penting dalam teknik pengukuran. Dalam pengukuran medan magnet diperlukan sensor yang responsif terhadap medan magnet dan dapat mengubahnya menjadi tegangan listrik analog yang setara. Di pasaran dapat ditemukan berbagai jenis sensor medan magnet, salah satunya adalah sensor tipe UGN3503UA. Sensor jenis ini bekerja berdasar prinsip efek Hall serta dapat digunakan secara akurat untuk mendeteksi perubahan kecil pada kerapatan fluks magnet (Allegromicro Inc., 1999). Sensor ini sering digunakan sebagai pengukur kecepatan putaran roda gigi, pendeteksi gerakan, serta sebagai monitor arus dalam sebuah kumparan.

Sensor efek Hall UGN3503UA telah dilengkapi dengan beberapa elemen yaitu berupa elemen Hall sebagai sensor, penguat linier (*linier amplifier*), serta *emittor follower* pada keluarannya. Blok diagram fungsional dari sensor medan magnet UGN3503UA dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Blok diagram fungsional dari IC UGN3503UA
 Simbol x adalah elemen Hall, simbol reg adalah regulator
 (Allegromicro Inc., 1999).

Sensor UGN3503UA bekerja pada rentang tegangan 4,5 volt sampai dengan 6 volt. Karakteristik elektrik dari sensor efek Hall tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

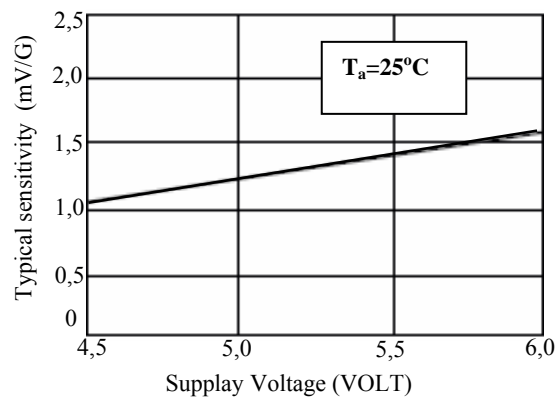
Tabel 1. Karakteristik elektrik sensor UGN3503UA (Allegromicro Inc. , 1999).

Karakteristik	Simbol	Kondisi tes	Batas			Satuan
			Min	Typ	Max	
Tegangan operasi	V_{cc}		4.5	-	6	Volt
Suplai arus	I_{cc}		-	9.0	13	mA
Tegangan null	V_{out}	$B = 0 \text{ G}$	2.25	2.5	2.75	V
Sensitivitas	ΔV_{out}	$B = 0 - 900 \text{ G}$	0.75	1.3	1.75	mV/G
<i>Bandwidth</i> (-3dB)	BW		-	23	-	kHz
<i>Broadband output noise</i>	V_{out}	BW=10-100 kHz	-	90	-	μV
<i>Resistensi output</i>	R_{out}		-	50	220	Ω

Data yang diberikan pada tabel 1 di atas berlaku pada kondisi tegangan masukan (*input*) sebesar 5 Volt dan suhu lingkungan sebesar 25 °C. Saat tidak ada medan luar ($B = 0 \text{ G}$) sensor telah memberikan tegangan keluaran (*output*) sebesar 2,5 Volt. Tegangan ini sering disebut tegangan keluaran *null* yang besarnya kurang lebih setengah dari tegangan masukan. Saat mendapat medan magnet luar sensor efek Hall akan menghasilkan tegangan keluaran yang menyimpang dari harga tegangan *output null*. Perubahan tegangan ini yang akan dimanfaatkan pada alat ini untuk mendeteksi adanya medan magnet.

Sensor UGN3503UA hanya mengkonsumsi arus sebesar 9 sampai dengan 13 mA, sehingga pemanasan diri dari sensor ini relatif kecil. Tingkat sensitifitas sensor bergantung tegangan masukan yang diberikan. Untuk tegangan

masukan sebesar 5 volt tingkat sensitifitas sensor adalah sekitar 1,3 mV/gauss. Keluaran sensor merupakan tegangan dengan orde milivolt. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian penguat yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal sebelum diolah lebih lanjut menjadi sinyal digital. Hubungan antara tegangan masukan dan sensitivitas sensor digambarkan sebagai kurva linier seperti ditunjukkan oleh gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik sensitivitas sensor terhadap tegangan masukan. (Allegromicro Inc., 1999).

Penggunaan sensor efek Hall sangat efektif digunakan dalam pengukuran kerapatan fluks magnetik. Sensor efek Hall juga dapat digunakan sebagai salah satu elemen pengukuran kurva histeresis dari suatu bahan yang dimagnetisasi (Sinclair, 1992).

C. Penguat Operasional

Penguatan sinyal dapat dilakukan dengan menggunakan penguat operasional (*Op-Amp*). Penguat operasional terdiri dari tiga komponen dasar yaitu

sebuah penguat differensial dengan impedansi masukan tinggi, penguat tegangan impedansi tinggi, dan penguat keluaran impedansi rendah (Sutrisno, 1987).

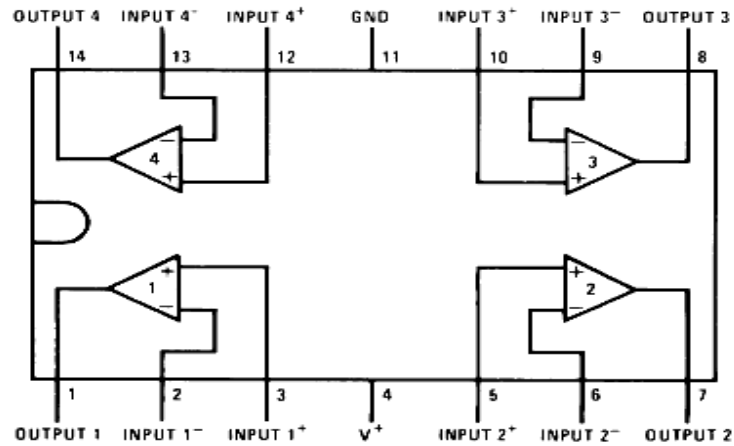
Penguat operasional mempunyai lima terminal dasar yaitu dua terminal catu daya, dua terminal masukan dan satu terminal keluaran. Pada dasarnya penguat operasional berfungsi menguatkan beda tegangan antara kedua terminal masukan yaitu masukan membalik dan tak membalik.

Op-amp memiliki dua buah masukan yaitu masukan tak membalik (*Non Inverting*) dan masukan membalik (*Inverting*) serta satu keluaran.

Beberapa sifat ideal yang dimiliki Op-amp antara lain adalah:

1. Penguat lingkaran terbuka tak terhingga ($A_{v,lb} = \infty$).
2. Hambatan keluaran terbuka adalah rendah ($R_{o,lb} = 0$).
3. Hambatan masukan lingkaran terbuka adalah tak terhingga ($R_{i,lb} = \infty$).
4. Lebar pita tak terhingga ($\Delta f = f_2 - f_1 = \infty$).
5. Nisbah penolakan modus bersama (CMMR) tak terhingga (Sutrisno, 1987).

Op-amp yang digunakan adalah jenis LM324. Dalam IC ini terdapat empat op-amp yang memiliki penguatan yang tinggi dan memiliki kompensasi frekuensi internal. Konfigurasi dari pin IC LM 324 dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.3 Diagram hubungan op-amp dalam LM324 (National Semiconductor, 2000).

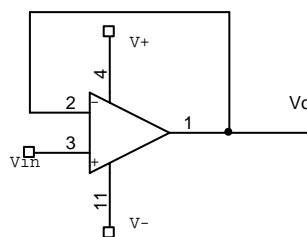
Beberapa jenis rangkaian yang menggunakan Op-amp sebagai penguat antara lain adalah:

1. Penyangga / *Buffer*

Penyangga atau *Buffer* merupakan bentuk khusus dari penguat tak membalik, dimana $R_1 = \infty$ dan $R_2 = 0 \Omega$. Tegangan keluaran V_o dari rangkaian penyangga adalah:

$$V_o = V_i \quad \dots (14)$$

Penguatan rangkaian penyangga adalah $A_{v,lt} = 1$. Dengan adanya rangkaian penyangga ini maka sinyal keluaran dari sensor tidak mudah terbebani (Sutrisno, 1987).

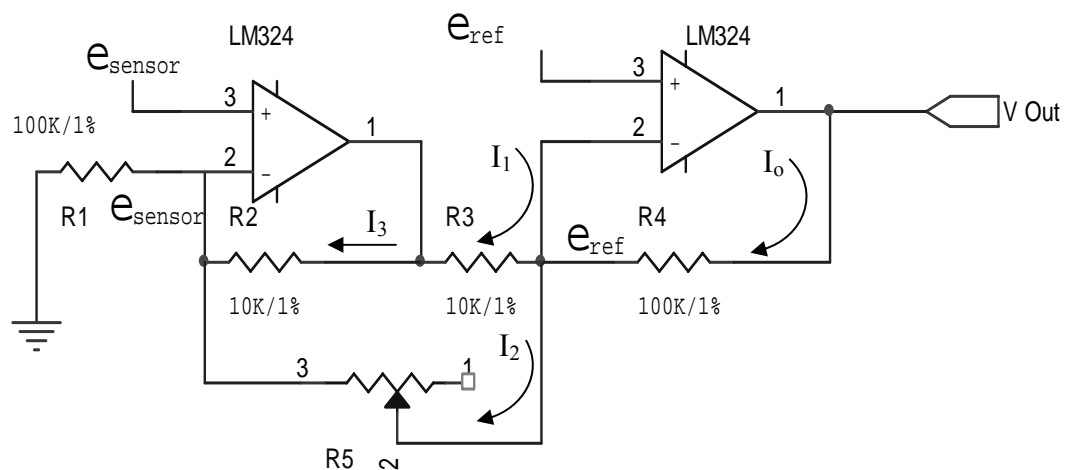


Gambar 2.4 Rangkaian penyangga / *Buffer*.

2. Penguat instrumentasi

Penguat instrumentasi adalah suatu penguat lingkaran tertutup dengan masukan diferensial. Penguatan dari rangkaian penguat instrumentasi dapat diatur dengan menggunakan sebuah resistor variabel tanpa mempengaruhi CMMR. Fungsi utama penguat instrumentasi adalah untuk memperkuat tegangan yang langsung berasal dari suatu sensor atau transduser secara akurat (Sutrino, 1989).

Penguat instrumentasi dapat dibuat dengan menggunakan op-amp. Kualitas dari rangkaian penguat instrumentasi bergantung pada mutu op-amp yang digunakan. Hal-hal yang menentukan kualitas sebuah op-amp menyangkut offset tegangan masukan, impedansi masukan, drift pada tegangan keluaran, *Common Mode Rejection Ratio* (CMMR), *Power Supply Rejection Ratio* (PSSR) dan sebagainya (Sutrisno, 1989).



Gambar 2.5 Rangkaian penguat instrumentasi (Sutrisno, 1989).

Rangkaian seperti pada gambar 2.5 merupakan rangkaian penguat instrumentasi seperti yang digunakan dalam penguat instrumentasi buatan Burr Brown (BB3627), suatu penguat instrumentasi dengan drift amat rendah.

Untuk menganalisis rangkaian pada gambar 2.5 digunakan dua sifat op-amp yaitu masukan inverting dan non-inverting ada dalam keadaan hubung singkat maya dan hambatan masukan differensial antara kedua masukan ini sangat besar, sehingga arus yang masuk dapat diabaikan. Dari gambar 2.5 dapat diperoleh:

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad \dots (15)$$

$$I_0 = \frac{V_o - e_{ref}}{R_4} \quad \dots (16)$$

$$I_1 = \frac{1}{R_3} (e_{ref} - e_{sensor} (1 + \frac{R_2}{R_1})) \quad \dots (17)$$

$$I_2 = \frac{e_{ref} - e_{sensor}}{R_5} \quad \dots (18)$$

Dari hubungan di atas didapatkan persamaan:

$$V_o = e_{sensor} (1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_4}{R_3} \frac{R_2}{R_5} + \frac{R_4}{R_5}) - e_{ref} (\frac{R_4}{R_3} + \frac{R_4}{R_3} \frac{R_2}{R_5} + \frac{R_4}{R_3} \frac{R_2}{R_1}) \quad \dots (19)$$

jika dibuat agar $R_2 \cdot R_4 = R_1 \cdot R_3$, yaitu dengan memilih $R_2 = R_3$ dan $R_4 = R_1$, maka

$$V_o = (1 + \frac{R_4}{R_3} + 2 \frac{R_4}{R_5}) (e_{ref} - e_{sensor}) \quad \text{atau} \quad A_{v,dif} = (1 + \frac{R_4}{R_3} + 2 \frac{R_4}{R_5}) \quad \dots (20)$$

bila $R_2 \cdot R_4$ tidak tepat sama dengan $R_1 \cdot R_3$, maka dapat dituliskan

$$\frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} = 1 + \Delta \quad \dots (21)$$

dengan $\Delta \ll 1$ (Δ adalah toleransi dari resistor yang digunakan), maka untuk isyarat $e_{ref} = e_{sensor} = e_{CM}$ atau $A_{v,CM} = \Delta$

diperoleh penolakan modus bersama CMMR, yaitu:

$$CMMR = \frac{A_{v,diff}}{A_{v,CM}} = \frac{1}{\Delta} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} + 2 \frac{R_4}{R_5} \right) \quad \dots (22)$$

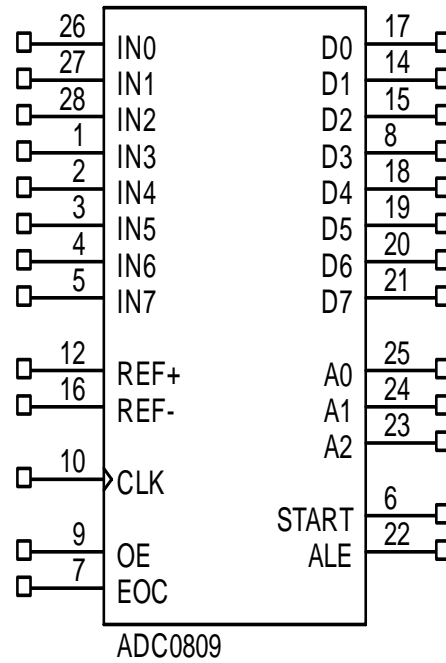
Tampak bahwa R_5 tidak mempengaruhi $A_{v,CM}$ sehingga dapat digunakan untuk mengatur penguatan tanpa banyak mempengaruhi CMMR (Sutrisno, 1989).

D. Pengubah Analog ke Digital (ADC)

ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam penelitian ini menggunakan IC ADC0809 produksi National Semiconductor. Garis besar spesifikasi dari ADC 0809 adalah sebagai berikut:

1. Resolusi 8 bit, ralat linieritas $\frac{1}{2}$ LSB (*Least Significant Bit*).
2. Masukan analog ada 8 kanal, dipilih dengan teknik multiplekser.
3. Keluaran 8 bit bersifat *three state* dan di-latch.
4. Catu daya 5 volt, dengan arus 3 mA.
5. Model konversi SAR (*Succesive Aproximation Register*).
6. Rasiometrik terhadap tegangan masukan.
7. Waktu ukur 100 mikrodetik dalam mode free running.
8. Frekuensi detak (*clock*) kerja 10 sampai dengan 12 KHz. (Agfianto, 2002)

Konfigurasi dari kaki pin ADC 0809 dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini.

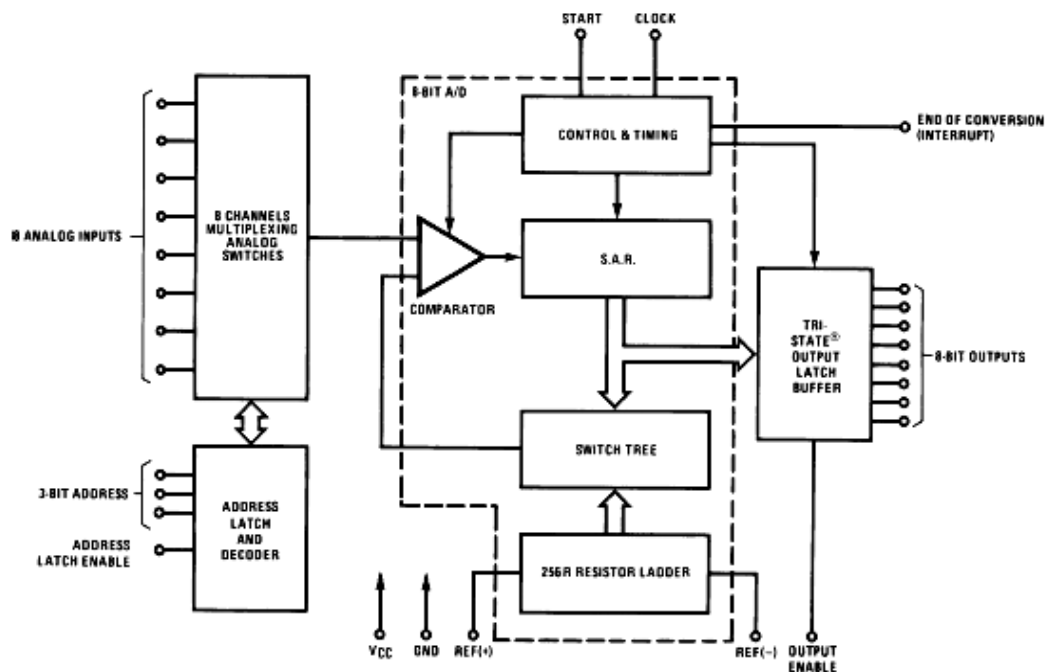


Gambar 2.6 Simbol pin-pin ADC0809 (Agfianto, 2002)

Arsitektur dari ADC0809 ini dirancang untuk dapat bekerja bersama dengan mikrokontroller. Hal ini karena sinyal kontrol dari ADC0809 sesuai dengan tingkat tegangan pada mikrokontroller. ADC0809 dapat melakukan proses konversi secara terkontrol maupun bebas (*free running*). Artinya kerja dari ADC0809 tersebut dapat berjalan secara bebas sesuai karakteristiknya maupun dikontrol oleh perintah-perintah dari mikrokontroller.

ADC0809 mempunyai 8 kanal saklar analog multipleks yang diatur oleh *address latch and decoder*. Multiplekser tersebut meneruskan sinyal analog tersebut ke bagian konversi tegangan. Pada mode terkontrol, proses konversi

dilakukan dengan memberikan perintah *start* yaitu dengan memberi logika 0-1-0 pada pin *START*. Kecepatan konversi tergantung dari frekuensi *clock* yang diberikan oleh rangkaian eksternal. Blok diagram fungsional dari ADC0809 dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram blok ADC0809 (Agfianto, 2002).

Hasil konversi tegangan dikirimkan ke *three state output latch buffer*. *Three state output latch buffer* adalah sebuah penyangga yang bersifat tiga tingkat. Tingkat pertama terjadi pada saat data hasil konversi masuk ke input dari bagian ini. Tingkat kedua saat data tersebut masuk ke dalam *buffer* internalnya. Tingkat ketiga saat sinyal OE (*output enable*) berlogika 1 mengindikasikan data yang ada dalam *buffer* internal dikirim ke bagian output.

ADC0809 dapat dibagi menjadi 3 bagian penting sebagai berikut.

1. Multiplexer analog dan *latch address decoder*.

Multiplexer analog berfungsi untuk membuat ADC0809 dapat mengubah tegangan analog dari 8 buah sensor secara bergantian. Dengan kata lain multiplexer analog ini berfungsi untuk memilih jalur masukan yang digunakan. Untuk memilih satu dari 8 masukan digunakan 3 bit alamat yaitu Add A, Add B, Add C sebagai *decoder*. Hubungan tiga bit alamat dengan jalur yang digunakan ADC0809 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel hubungan tiga bit *address* dalam ADC0809

A	B	C	Analog
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	2
1	1	0	3
0	0	1	4
1	0	1	5
0	1	1	6
1	1	1	7

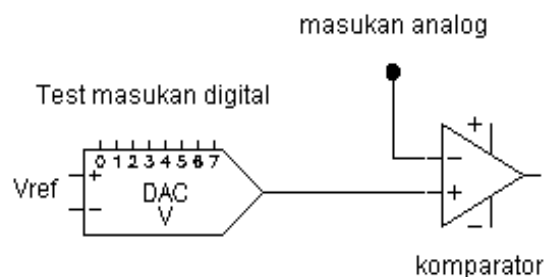
Setelah pemilihan salah satu dari 8 pin masukan analog maka alamat ini akan dikaitkankan oleh *decoder* dengan logika 0-1 pada pin ALE.

2. Teknik konversi

Setelah masukan terpilih dikaitkankan oleh ALE, maka tegangan analog siap dikonversi. Teknik konversi yang dilakukan oleh ADC0809 adalah teknik SAR (*successive approximation register*) yang juga dikenal dengan pendekatan

beruntun. Suatu elemen yang penting dalam ADC, sebagaimana dijumpai pada ADC0809 ini adalah adanya sebuah komparator.

Keluaran komparator akan *high* jika masukan analog (+) lebih besar dari masukan (-), selain itu keluarannya akan selalu *low*. Komponen penting yang lain yaitu adanya DAC (*Digital to Analog Converter*). Tegangan analog yang akan dikonversi dihubungkan pada masukan (-) komparator, sedangkan keluaran dari DAC dihubungkan pada masukan (+) komparator. Pertama kali DAC diinisialisasi dengan cara mengaktifkan bit 7. Jika keluaran komparator adalah *low*, maka tegangan yang dihasilkan oleh DAC masih dibawah dari tegangan yang akan dikonversi, maka bit-7 tersebut tetap dijaga dalam kondisi *high*.



Gambar 2.8 Diagram teknik pendekatan beruntun (Agfianto, 2002)

Namun jika keluaran komparatornya adalah *high*, artinya tegangan dari DAC terlalu tinggi, sehingga keluaran bit-7 di-*low*-kan. Bit-bit yang lain diuji dengan cara yang sama dan akhirnya kondisi *high* atau *low* tergantung dari status dari komparator. Proses konversi berakhir ketika ada logika 1 pada pin EOC. Dengan waktu konversi dari ADC jenis ini maksimum adalah 100 μ s (Agfianto, 2002).

3. Pengait (*latch*) dan penyangga tiga tingkat (*three state buffer*)

Setelah konversi selesai yang ditandai adanya logika 1 pada pin EOC, maka data hasil konversi diletakkan disebuah *register buffer* yang bersifat *latch* dan *three state*. Sifat data yang di *latch* sangat menguntungkan karena sebelum ada data baru hasil konversi berikutnya maka data akan tetap berada diregister ini. Sedangkan sifat *three state* menandakan bahwa ADC ini dapat diantarmukakan dengan mikrokontroller.

Berikut ini urutan operasional dari ADC0809:

- a. Siapkan sinyal analog di kanal yang dipilih (IN0 – IN7), beri logika alamat sesuai dengan nomor kanal sesuai tabel 2.
- b. Berikan pulsa 0-1-0 pada pin Start dan ALE secara bersamaan untuk memulai proses konversi.
- c. Tunggu setelah pin EOC berlogika 1, atau tunggu selama 100 μ s yang merupakan batas maksimal dari konversi.
- d. Keluaran data (8 bit) dapat dibaca dengan cara memberi logika 1 di kaki OE (*output enable*) (Agfianto, 2002).

Urutan perintah operasional diatas dapat direalisasikan dengan perintah dari perangkat lunak yang dikendalikan oleh mikrokontroller. Keunggulan IC ADC0809 adalah IC ini juga rasiometri terhadap tegangan acuan, artinya ‘ linier ’ antara masukan acuan atau $+V_{ref}$ dan keluaran. Contohnya ketika V_{ref} sebesar 5 V dan masukan analog 5 V akan menghasilkan data digital 255 dan ketika masukan 0 V maka akan mengeluarkan data digital 0. Jika tegangan acuan atau $+V_{ref}$

diubah menjadi 4 V, maka kini masukan 4 V akan menghasilkan data digital 255, demikian seterusnya (Agfianto, 2002).

Pada aplikasi ini menggunakan tegangan referensi 5 V sehingga untuk menghitung ketelitian 1 LSB-nya digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Ketelitian} = \frac{+V_{ref}}{2^8 - 1} = \frac{5}{256 - 1} = 19,6mV$$

Sedangkan untuk menghitung skala terkecil yang dapat dicuplik dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Skala terkecil} = \frac{\text{Ketelitian ADC}}{\text{Penguatan total}} = \frac{19,6mV}{1,96mV/\text{gauss}} = 10 \text{ gauss}$$

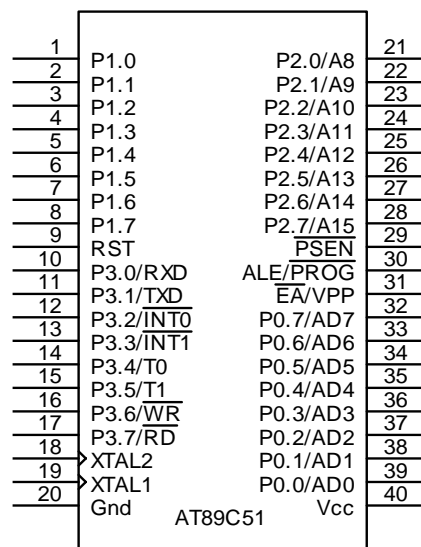
E. Mikrokontroller

Mikrokontroller merupakan sebuah *chip* yang dilengkapi dengan *Central Processing Unit* (CPU), memori internal serta sarana *input/output* (I/O). Sehingga untuk keperluan mengontrol hal-hal tertentu Mikrokontroller merupakan produk yang dapat diandalkan. Di antara mikrokontroller yang terkenal di pasaran karena kehandalan fungsinya adalah mikrokontroller AT89C51 produksi Atmel.

Mikrokontroller AT89C51 merupakan salah satu keluarga dari MCS51 keluaran dari Atmel. Mikrokontroller jenis ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data pet bit maupun data 8 bit secara bersamaan. Mikrokontroller ini mempunyai memori dengan teknologi *non-volatile memory*. Memori yang telah diisikan tidak akan hilang ketika catu daya dihilangkan. Selain itu memorinya dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali. Berbagai fasilitas yang terdapat pada mikrokontroller AT89C51, diantaranya adalah:

- a. *Flash* memori program didalam *chip* 4 Kbyte.
- b. RAM internal 128 byte.
- c. UART (*Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*) internal.
- d. 5 buah sumber interupsi.
- e. Pembangkit *oscilator clock internal*.
- f. Kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika.

(http://www.keil.com/dd/docs/datashts/atmel/at89c51_ds.pdf)



Gambar 2.9 Diagram Pin Mikrokontroler Atmel AT89C51.

Mikrokontroler bekerja berdasarkan instruksi-instruksi program yang diisikan ke memori internalnya. Pada prinsipnya program pada mikrokontroler dijalankan secara bertahap. Serangkaian instruksi dari program harus disusun secara runtut agar dapat dieksekusi oleh mikrokontroler (Suhata, 2004).

F. Penyaji Kristal Cair (*Liquid Crystal Display*)

M1632 adalah modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris. Tiap karakter tampilan dibentuk oleh 8 baris pixel dan 5 kolom pixel (1 baris pixel terakhir adalah kursor).

Modul M1632 LCD mempunyai kelengkapan antara lain :

- a. 16 karakter, 2 baris tampilan kristal cair dengan ukuran 8 x 5 matriks titik.
- b. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
- c. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter (tuliskan program).
- d. Pengantar-mukaan dengan 4 bit dan 8 bit mikroprosesor.
- e. Data tampilan RAM dan pembangkit karakter RAM dapat dibaca dari mikroprosesor.
- f. Jangkauan suhu operasional antara 0°C sampai 50°C.
- g. Sumber daya tunggal + 5V.
- h. Dilengkapi osilator dalam, serta rangkaian hapus otomatis (*Power on Reset*).

Modul M1632 LCD dilengkapi dengan Mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD. Mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan LCD ini adalah HD4470 buatan Hitachi. HD4470 merupakan Mikrokontroler yang dirancang khusus untuk mengendalikan LCD dan mempunyai kemampuan untuk mengatur proses *scanning* pada layar LCD. Mikrokontroler atau perangkat tersebut hanya mengirimkan data-data yang merupakan karakter yang akan ditampilkan pada LCD atau perintah yang mengatur proses tampilan pada LCD saja (Paulus Andi N., 2004).

Dalam Mikrokontroler HD44780 telah terdapat CGROM (*Character generator read only memory*), CGRAM (*Character generator random access memory*) dan DDRAM (*Display data random access memory*).

1. DDRAM

DDRAM adalah memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh untuk karakter 'a' atau 41 h yang ditulis pada pada alamat 00, maka karakter tersebut akan tampil pada kolom pertama dan pada baris pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis pada alamat 40, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.

Tabel 3 DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) LCD

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

2. CGRAM

CGRAM adalah merupakan memori untuk menggambarkan sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan. Namun memori ini akan hilang saat *power supply* tidak aktif, sehingga pola karakter akan hilang.

3. CGROM

CGROM adalah merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubah lagi. Namun karena ROM bersifat permanen, maka pola karakter tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif.

Tampilan modul M1632 LCD adalah proses akhir pada desain dari teslameter yang akan dibuat. Secara global perencanaan pembuatan alat ukur ini adalah sebagai berikut. Hal pertama yang dilakukan dalam pembuatan alat ukur ini adalah membuat *power supplay* +12 dan +5 Volt yang digunakan untuk mensuplai tegangan pada rangkaian. Selanjutnya adalah pembuatan rangkaian penguat instrumentasi untuk mengkondisikan sinyal dari sensor. Hal ini dilakukan untuk mengatasi tegangan *output null* dari sensor dan memperkuat keluaran dari sensor. Setelah dikondisikan, sinyal dari sensor kemudian dikonversi dengan ADC0809. Hasil konversi dari ADC0809 adalah tegangan digital 8 bit yang kemudian dikirim ke mikrokontroller melalui port 0. Di dalam mikrokontroller data dikondisikan dalam sebuah *buffer* alamat untuk menunggu data tersebut dikirim ke modul LCD. Setelah beberapa perintah inisialisasi LCD, kemudian data hasil pengukuran ditampilkan dengan modul LCD.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kemagnetan Bahan dan Laboratorium Elektronika Instrumentasi Jurusan Fisika UNNES, dalam kurun waktu 6 bulan mulai bulan Oktober 2005 sampai dengan bulan Maret 2006.

B. Alat dan Bahan

a. Alat

- 1) Satu set toolkit.
- 2) Bor listrik dan pemotong aluminium.
- 3) Komputer PII.
- 4) Multimeter digital.
- 5) Magnet permanen.
- 6) MBL (*Microcomputer Base Laboratory*).
- 7) Sensor Magnetik PASCO CI-6520A untuk kalibrasi.

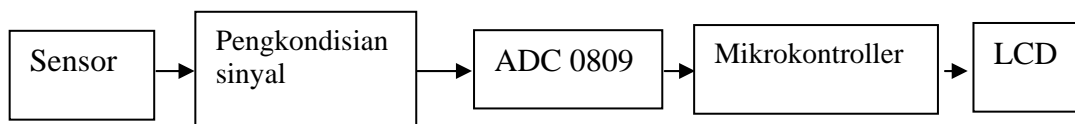
b. Bahan

No	Bahan	Jumlah
1	UGN3503UA	1
2	IC AT89C51 + soket	1
3	IC ADC0809 + soket	1
4	Resistor variabel 10K	5
5	Resistor 1K, 220K, 10K	3

6	Resistor 100K	5
7	Kapasitor 30 pf, 2,2 nF, 22 uF	2
8	Kristal 12 MHz	1
9	IC7414 + soket	1
10	LCD M1632	1
11	Kabel pelangi	1
12	IC op-amp LM324 + soket	2
13	Dioda IN4002	4
14	Kapasitor 1000 μ F/25V	2
15	Kapasitor 15uF	1
16	Regulator 7812	1
17	Regulator 7805	1
18	PCB	secukupnya
19	Dioda Zener 5 Volt	1
20	Trafo 1000 mA dengan <i>center tab</i> (CT)	1
21	Aluminium	secukupnya
22	Cat Semprot	secukupnya
23	Mur baut (3mm)	secukupnya

C. Prosedur Kerja

Rancang bangun (desain) alat dalam penelitian ini mencakup beberapa langkah kerja yang terangkum pada skema yang ditunjukkan oleh gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skema rancang bangun alat

Skema rancang bangun alat digunakan untuk menentukan langkah kerja dalam penelitian pembuatan teslameter digital. Pembuatan tiap blok skema

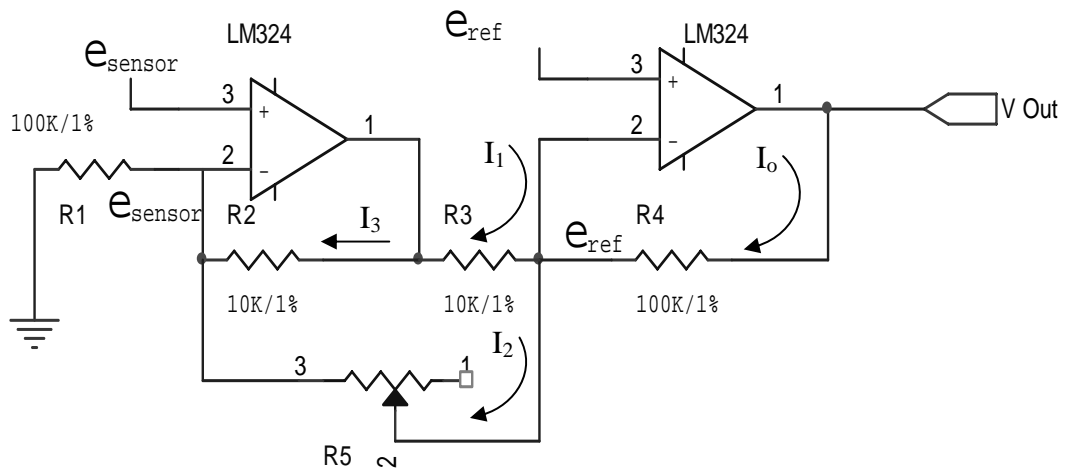
rancang bangun tersebut secara terpisah, sangat berguna terutama dalam meneliti dan menganalisis rangkaian ketika terjadi kesalahan. Rincian dari masing-masing tahapan rancang bangun tersebut adalah sebagai berikut.

1. Sensor

Sensor digunakan sebagai transduser atau pengubah besaran medan magnet menjadi besaran tegangan listrik yang setara sebagai masukan ADC. Sensor yang digunakan adalah sensor efek Hall tipe UGN3503UA produksi *Allegro Micro Incorporation*. Keluaran dari sensor dikondisikan dengan penguat instrumentasi supaya tegangan analog dari sensor dapat diubah menjadi tegangan digital dengan baik.

2. Pengkondisian sinyal

Penguat instrumentasi digunakan untuk mengkondisikan sinyal dari sensor agar lebih stabil dan sensor tidak mudah terbebani. Selain itu, penguat instrumentasi juga digunakan untuk mengatasi tegangan *offset* dan tegangan *output null* supaya didapatkan hasil yang optimal. Rangkaian penguat instrumentasi tersebut menggunakan IC op-amp jenis *Low Power Quad Operational Amplifier* yaitu LM324 produksi *National Semiconductor*. Pada IC LM324 terdapat empat buah op-amp sehingga akan lebih efisien dalam pemakaiannya karena rangkaian penguat yang digunakan hanya memerlukan tiga buah op-amp saja. Rangkaian penguat instrumentasi yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rangkaian pengkondisian sinyal (Sutrisno, 1989).

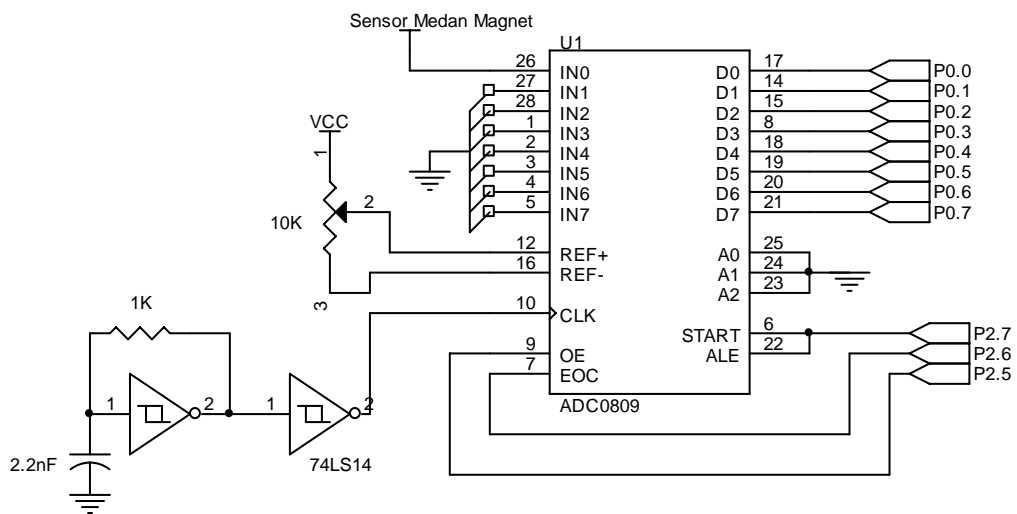
Rangkaian pengkondisian sinyal pada gambar 3.2 dapat dibagi menjadi dua bagian. Hal pertama yang dilakukan terhadap keluaran sensor adalah menghubungkannya dengan op-amp dengan modus kerja sebagai rangkaian penyangga (*buffer*). Keluaran dari penyangga ini dihubungkan dengan masukan *non-inverting* dari op-amp 2. Modus kerja dari op-amp 2 dan op-amp 3 adalah sebagai penguat instrumentasi. Tegangan *null* dari sensor dieliminasi dengan tegangan referensi yang dapat diubah besarnya.

3. ADC (Analog to Digital Converter)

Proses konversi tegangan analog menjadi tegangan digital dilakukan oleh ADC. Dalam penelitian ini ADC yang digunakan adalah jenis ADC0809 produksi *National Semiconductor*. ADC0809 adalah komponen yang mengubah tegangan analog menjadi kode digital 8 bit dengan menggunakan metode pendekatan berurutan (*successive approximation register*). ADC0809 dapat bekerja dengan menambahkan beberapa komponen pendukung seperti detak/*clock*, tegangan

referensi, serta sinyal *start* dan ALE untuk memulai konversi tegangan. Sinyal kontrol ADC yaitu sinyal *start* dan ALE dikirimkan oleh mikrokontroler.

Dalam penelitian ini jalur masukan (*input*) ADC0809 yang digunakan adalah IN0 saja, sehingga jalur lain dihubungkan dengan ground. Bentuk rangkaian ADC0809 yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.4

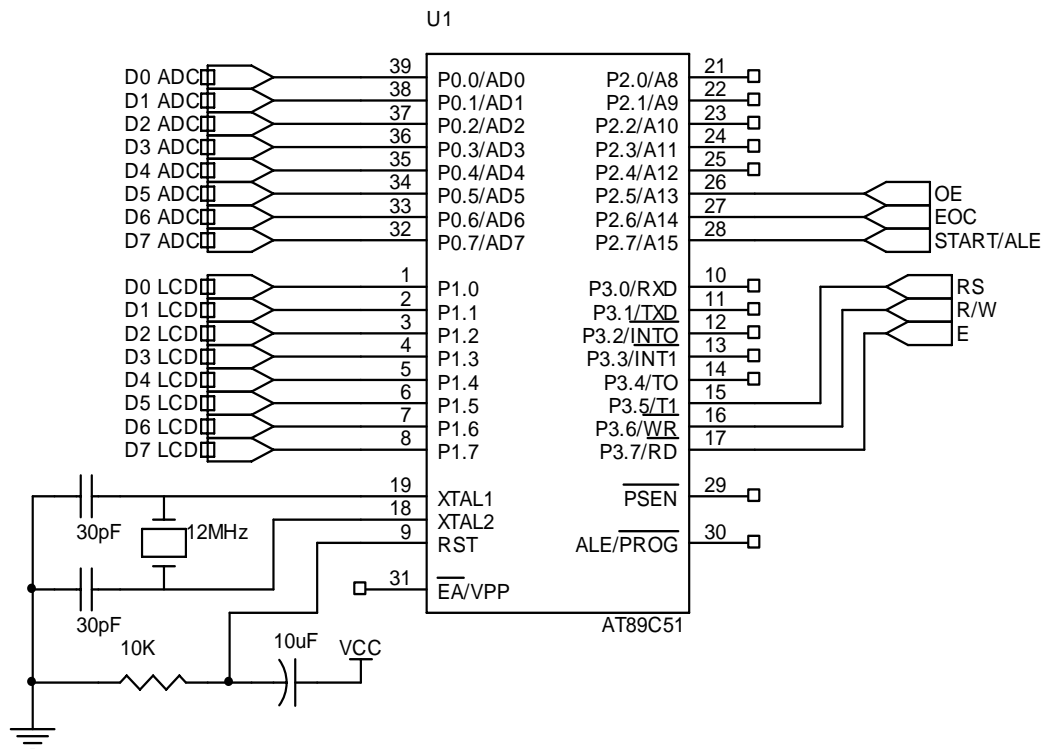


Gambar 3.4 Rangkaian sistem ADC0809

Sinyal detak/*clock* dari rangkaian dihasilkan dari rangkaian picu schmitt dengan menggunakan IC 74LS14, resistor $1\text{K}\Omega$, dan kapasitor $2,2\text{ nF}$. Sinyal *start* dan ALE dihubungkan karena untuk mengaktifkan dan memulai konversi kedua pin kontrol dari ADC0809 memiliki proses inialisasi yang sama yaitu dengan memberi logika 0-1-0. Sinyal EOC adalah tanda bahwa proses konversi telah selesai. Sinyal ini dihubungkan dengan P2.6 dari mikrokontroler. Sinyal OE (*output enable*) menandakan bahwa data hasil konversi siap untuk dikirim ke mikrokontroler.

4. Mikrokontroller

Mikrokontroller AT89C51 digunakan sebagai pusat kendali kerja dari piranti pengolah data yang akan ditampilkan oleh LCD. Konfigurasi rangkaian sistem minimum mikrokontroller dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Rangkaian Mikrokontroller untuk menampilkan hasil pengukuran medan magnetik dengan LCD.

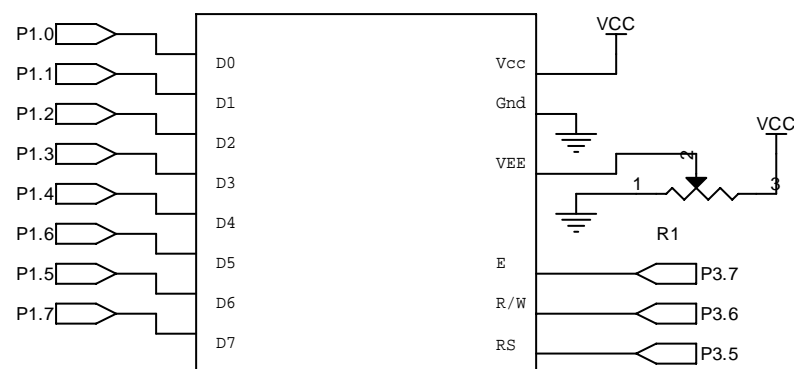
Pada gambar 3.5 tampak bahwa semua proses pengambilan data dikendalikan oleh mikrokontroller. Mikrokontroller mengendalikan kerja dari ADC0809 dengan memberikan sinyal pada pin kontrol dari ADC0809 melalui P2.5, P2.6, dan P2.7. Sinyal kontrol dari LCD dikendalikan oleh mikrokontroller melalui P3.5 sampai dengan P3.7. Data hasil konversi ADC0809 diterima oleh

mikrokontroller melalui port 0. Sedangkan data yang akan ditampilkan modul LCD dikirim melalui port 1.

Mikrokontroller memerlukan piranti tambahan untuk dapat berfungsi yaitu rangkaian reset, rangkaian detak/*clock*, dan catu daya. Rangkaian reset berfungsi untuk mereset mikrokontroller ketika diaktifkan.

5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Tampilan yang digunakan pada pembuatan alat ini menggunakan tampilan kristal cair (LCD). Modul tampilan kristal cair yang digunakan adalah modul matrik titik dengan pengendali LCD didalamnya. Pengendali ini memiliki sebuah ROM/RAM pembangkit karakter di dalamnya dan RAM data tampilan semua fungsi tampilan dikendalikan oleh perintah dari mikrokontroller.



Gambar 3.6 Diagram blok modul penyaji kristal cair

Dari gambar 3.6 terlihat bahwa masukan 8 bit LCD dirangkaikan dengan keluaran dari port satu mikrokontroller, E dan R/W serta RS, berturut-turut dihubungkan dengan P3.7, P3.6 dan P3.5. Rangkaian LCD akan bekerja pada saat RS (*Register Select*) mendapat sinyal dari P3.5 dan R/W aktif tinggi (LCD

membaca data dari ADC), dan E mendapat sinyal dari P3.7. Sedangkan saat R/W aktif rendah maka LCD menulis data, sehingga data dapat ditampilkan ke LCD.

D. Kalibrasi Alat Ukur dan Pengambilan Data

1. Kalibrasi Alat Ukur

Proses kalibrasi alat ukur dilakukan dengan membandingkan tampilan dari sensor dengan teslameter PASCO kondisi yang sama. Artinya kedua sensor benar-benar mengukur intensitas medan magnet yang sama. Oleh karena itu proses pengukuran dengan kedua alat tersebut dilakukan secara simultan. Proses pengukuran dengan kedua alat ini dilakukan beberapa kali dengan intensitas medan magnet yang berbeda.

2. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan menguji linieritas sensor yang dibuat terhadap perubahan medan.

- a) Menghubungkan sensor medan magnet dengan perangkat pendukung yang lain dengan *power supply*.
- b) Menghidupkan MBL beserta sensor medan magnet PASCO.
- c) Menghidupkan komputer, masuk ke aplikasi PASCO *Science Workshop*.
- d) Memilih kanal dan sensor magnetik sebagai pilihan masukan MBL.
- e) Memposisikan kedua sensor pada jarak yang sama terhadap sumber medan.
- f) Menghidupkan alat, lihat tampilan pada LCD.
- g) Memonitor besar medan magnet dengan program aplikasi PASCO.
- h) Mencatat hasil pengukuran atau menyimpan data hasil percobaan ke dalam tabel.

- i) Memperbesar medan magnet dengan cara mengubah jarak kedua sensor dengan sumber medan magnet.
- j) Mengulangi langkah-langkah diatas untuk menghasilkan beberapa data.

E. Cara Kerja Keseluruhan Sistem

Sensor Hall mengindera medan magnet yang kemudian sinyal ini dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi sinyal. Rangkaian ini berfungsi untuk menguatkan sinyal, menghilangkan tegangan *offset*. Selanjutnya sinyal yang sudah dikondisikan dihubungkan dengan ADC. ADC bertugas untuk mengubah sinyal analog menjadi data tegangan digital. Data digital ini kemudian diolah oleh mikrokontroller untuk ditampilkan melalui modul M1632 LCD.

Mikrokontroller bertugas mengendalikan semua kerja pengolahan data diatas. Oleh karena itu mikrokontroller juga memerlukan perangkat lunak berupa program untuk mengeksekusi semua perintah diatas. Program yang akan dimasukan pada mikrokontroller antara lain program inisialisasi LCD, program persiapan tampilan awal pada LCD, program membaca ADC, program *delay* dan program pengubah bilangan desimal ke bilangan ASCII.

1. Persiapan tampilan awal

Program ini bertujuan untuk menampilkan tulisan awal pada LCD setelah alat direset atau setelah alat dihidupkan.

2. Inisialisasi LCD

Program ini merupakan proses inisialisasi modul M1632 LCD yang dilakukan sebelum masuk ke bagian pengaturan mode. Sistem harus menunggu 15 milidetik

atau lebih setelah sumber daya mencapai tegangan 4.5 volt agar HD44780 siap untuk berkomunikasi dengan mikrokontroller.

3. Masukan data dari ADC0809

ADC0809 berfungsi untuk mengubah data analog dari sensor Hall menjadi data digital yang akan diolah lebih lanjut oleh mikrokontroller. Perintah dimulai dengan memaksa bit *start/ALE* menjadi nol, dengan maksud mereset ADC0809. Kemudian membuat *start/ALE* menjadi satu kemudian nol lagi sebagai kode bahwa konversi siap dilaksanakan. Setelah ADC0809 telah selesai mengkonversi data yang masuk, maka ADC0809 akan mengirimkan logika satu melalui EOC. Kemudian mikrokontroller akan memberi logika satu pada OE agar data hasil konversi dapat dibaca. Terakhir data hasil konversi dikirim ke mikrokontroller.

4. Pembacaan data medan magnet oleh mikrokontroller

Program pembacaan medan magnet berfungsi untuk membaca besaran medan magnet kemudian memanggil sub-rutin ADC0809, data yang terbaca disimpan pada alamat yang telah ditentukan.

5. Penampilan data melalui LCD

Program penampilan data melalui LCD berfungsi mengirimkan perintah memindah data hasil pengukuran yang telah tersimpan di alamat tertentu ke dalam register yang telah dipersiapkan untuk menampilkannya ke LCD.

6. Waktu tunda

Program waktu tunda ini diperlukan pada saat inisialisasi LCD dan pada proses tampilan awal. Program waktu tunda diawali dengan memberikan data nol

pada register nol (r0), kemudian r5 diisi dengan data #50h, kemudian r5 dan r0 ditunggu sampai nol. Program ini diakhiri dengan ret, artinya kembali ke program semula. Program ini dikerjakan sebanyak 80×255 siklus = 20400 siklus. Mikrokontroller yang menggunakan kristal sebesar 12 Mhz setiap siklusnya 1 mikro detik, sehingga waktu tunda ini selama 20,4 mili detik.

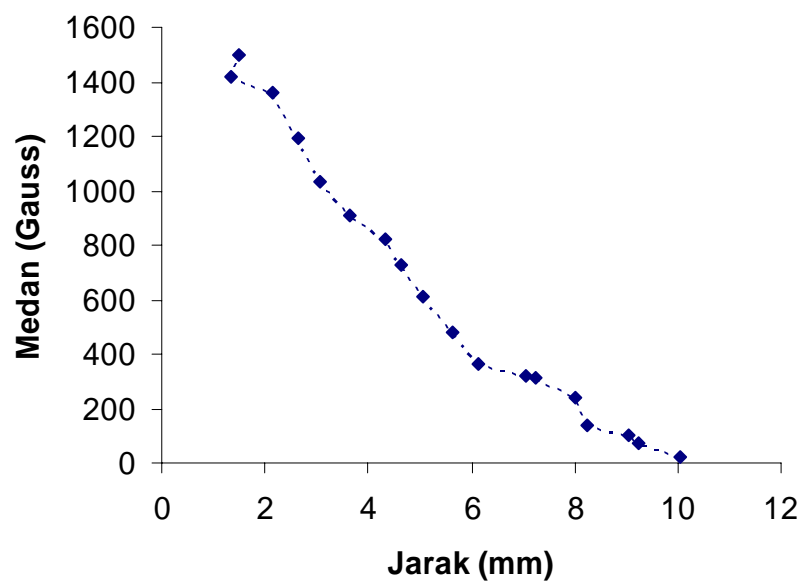
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah alat ukur medan magnet digital dengan tampilan modul M1632 LCD yang telah dikarakterisasi. Setelah pembuatan alat ukur medan magnet selesai, kemudian dilakukan pengujian linieritas alat serta kalibrasi alat ukur dengan teslameter PASCO. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan alat ukur serta respon dari sensor terhadap perubahan medan magnet.

Pengujian linieritas alat dilakukan dengan cara mengukur medan magnet pada magnet permanen dengan mengubah jarak antara sensor dengan magnet permanen tersebut. Hasil Pengujian linieritas alat terhadap medan magnet dapat dilihat pada gambar 4.1

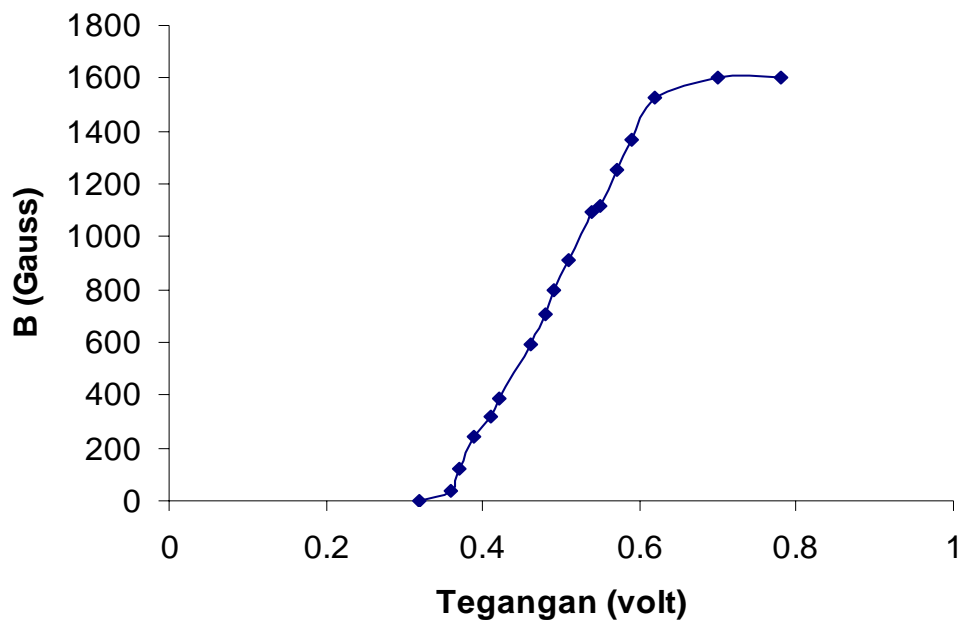


Gambar 4.1 Grafik hubungan medan magnet terhadap jarak

Pengujian linieritas alat menghasilkan karakteristik respon alat ukur yang dibuat terhadap jarak sumber medan magnet. Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin dekat posisi sensor terhadap sumber medan magnet maka semakin besar pula medan magnet yang terukur oleh alat. Hasil uji linieritas menunjukkan bahwa respon sensor cukup baik terhadap perubahan medan magnet pada jarak yang dekat. Tetapi sensor menjadi kurang responsif ketika jarak pengukuran cukup lebar.

Dalam aplikasi yang menggunakan sensor efek Hall ini, sering digunakan rentang pengukuran yang cukup kecil antara sensor dengan sumber medan magnet yaitu dalam orde milimeter. Sensor efek Hall akan menghasilkan sinyal yang akurat dan stabil pada jarak 2 mm terhadap sumber medan magnet (Fraden, 1996).

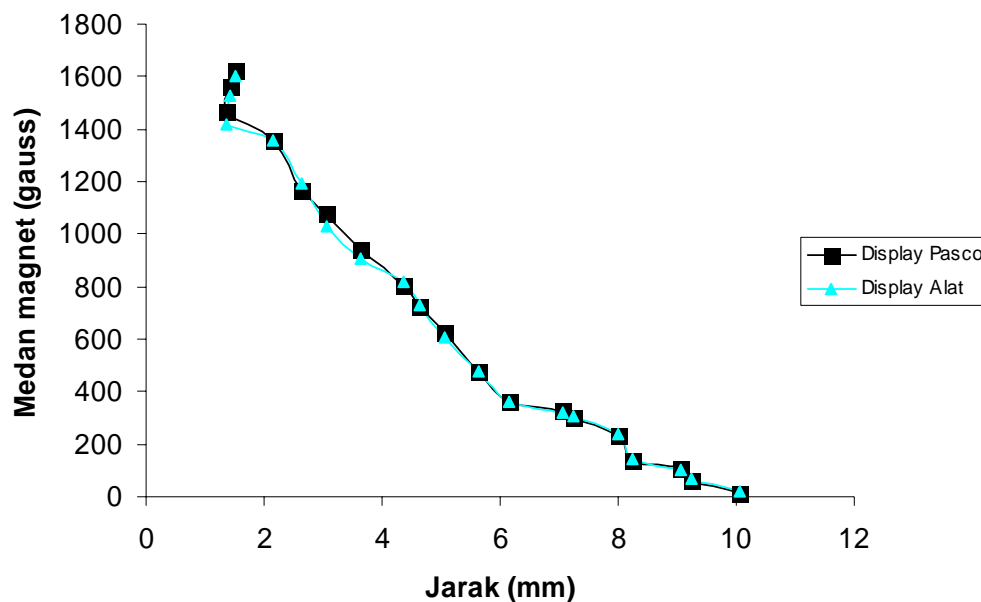
Pada ADC0809 digunakan tegangan acuan (*voltage reference*) sebesar 5 volt. Proses pengubahan sinyal analog dari sensor dibandingkan dengan tegangan acuan dengan teknik pendekatan beruntun. Hal yang cukup menarik dari sensor Hall ini adalah adanya tegangan *output null* yang besarnya kurang lebih setengah dari suplai tegangan ke sensor. Hal ini menyebabkan *output* sensor hanya akan mengayuh dari 0 volt sampai dengan 2,5 volt untuk medan magnet kutub utara, dan 2,5 sampai dengan 5 volt untuk medan magnet kutub selatan. Oleh karena itu tampilan dari hasil ADC harus menyesuaikan kondisi ini. Proses tampilan LCD dengan tegangan keluaran dari sensor dapat dilihat dari gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hubungan tegangan keluaran dari sensor efek Hall dengan tampilan LCD.

Grafik hubungan antara tegangan keluaran dari sensor efek Hall dengan tampilan dari LCD menunjukkan grafik yang linier. Pada daerah tegangan antara 0 sampai dengan 0,32 volt tidak dapat dikonversi oleh ADC0809. Hal ini disebabkan pada daerah tersebut terjadi proses eliminasi tegangan *offset* pada op-amp yang digunakan. Tegangan *offset* dari op-amp yang digunakan cukup besar sehingga diperlukan kompensasi tegangan untuk menghilangkannya. Pada daerah tegangan antara 1 volt sampai dengan 2,43 volt sebenarnya tegangan dapat dikonversi oleh ADC0809. Tetapi karena keterbatasan memori dari mikrokontroler yang digunakan maka hasil konversi pada daerah tersebut tidak dapat ditampilkan.

Pengujian lain yang dilakukan adalah membandingkan alat yang dibuat dengan teslameter PASCO. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan alat ukur. Pengujian ketepatan alat ini dilakukan dengan cara mengukur medan magnet pada magnet permanen menggunakan dua alat tersebut secara simultan. Perbandingan hasil pengukuran dengan menggunakan teslameter PASCO dan alat yang dibuat dalam uji ketepatan alat dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil ukur dengan menggunakan teslameter PASCO dengan alat yang dibuat.

Dari gambar 4.3 dapat dilihat beberapa kesesuaian antara hasil ukur dengan menggunakan teslameter PASCO dan alat ukur yang dibuat. Hasil ini dapat dilihat dari beberapa data yang berhimpitan. Ketepatan dari alat ukur dapat dicari dengan membandingkan hasil pengukuran dengan kedua alat tersebut. Penyimpangan hasil ukur dari alat yang dibuat dengan hasil pengukuran dengan teslameter pasco disebut kesalahan mutlak yang dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kesalahan mutlak} = \left| \frac{N - n}{n} \right| \times 100\% \quad \dots (4.1)$$

dengan $N = \text{Display dari alat ukur yang dibuat}$

$n = \text{Display dari teslameter PASCO}$

Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.1 didapatkan hasil persentase kesalahan dari alat yang dibuat berkisar antara 0,55% sampai dengan 66,6 %. Perbedaan yang sangat jauh antara tampilan teslameter PASCO dan alat yang dibuat terutama pada medan magnet yang kecil. Hal ini disebabkan karena alat ukur yang dibuat kurang responsif terhadap jarak medan yang jauh.

Alat ukur yang dibuat mampu mengukur medan magnet sampai dengan 1600 gauss. Keterbatasan dari rentang pengukuran ini disebabkan oleh terbatasnya memori dari mikrokontroler yang digunakan. Mikrokontroler digunakan untuk mengendalikan segala proses pengambilan data medan magnet, dan penampilan data pengukuran ke modul M1632 LCD. Memori mikrokontroler tidak mampu menyimpan semua program yang dibuat, sehingga program tampilan hasil pengukuran terpaksa harus dikurangi.

B. PEMBAHASAN

Proses pembuatan alat ukur yang telah dilakukan dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap. Hal pertama yang dilakukan adalah merancang rangkaian komponen yang digunakan agar mempermudah dalam pembuatan *layout* PCB (*Printed Circuit Board*). Proses selanjutnya adalah pembuatan *layout* PCB yang sesuai dengan rancangan.

Alat ukur yang dibuat mempunyai tiga buah rangkaian utama, yaitu rangkaian catudaya, rangkaian sensor dan penguat instrumentasi, serta rangkaian penampil (*display*). Rangkaian catu daya dibangun dengan menggunakan IC regulator tegangan LM7805 dan LM7812. Keluaran dari rangkaian ini adalah tegangan DC teregulasi yang besarnya +12 volt dan +5volt.

Rangkaian penguat instrumentasi dibangun dengan menggunakan op-amp LM324. Hasil yang diperoleh dari op-amp jenis ini kurang baik, hal ini dapat dilihat dari besarnya tegangan *offset* dari rangkaian yaitu sebesar 43 mVolt. Tegangan *offset* ini relatif cukup besar mengingat tingkat sensitifitas dari sensor sekitar 1,3 mV/gauss. Dalam penelitian ini tegangan *offset* diatasi dengan perangkat lunak atau program yang diisikan ke mikrokontroller sehingga tampilan yang muncul pada layar LCD sesuai dengan medan magnet yang diukur.

Sinyal keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal selanjutnya diumpankan ke masukan jalur 0 (IN0) pada ADC0809. Pada jalur 0 tersebut juga dipasang dioda zener yang besarnya 5 volt secara paralel. Pemasangan ini bertujuan untuk pengamanan ADC0809, karena tegangan maksimal yang dikonversi ADC0809 adalah 5 volt.

Tegangan analog yang masuk ke ADC0809 kemudian dikonversi menjadi tegangan digital 8 bit. Tegangan keluaran ADC0809 pada kondisi *high* adalah 3,93 volt dan pada saat kondisi *low* adalah 0,81 Volt. Hasil ini sudah mencukupi untuk batas kondisi *high* dan kondisi *low* pada mikrokontroler AT89C51. Sehingga keluaran data digital dari ADC0809 dapat diolah dengan baik oleh mikrokontroler.

Mikrokontroler menyimpan data untuk sementara pada alamat tertentu untuk ditampilkan ke modul LCD. Proses penampilan data ke modul LCD diawali dengan proses inisialisasi LCD. Inisialisasi LCD diperlukan untuk menentukan modus kerja dari LCD. Kerja dari LCD dikendalikan oleh mikrokontroler dengan mengirimkan instruksi-instruksi ke pin kontrol dari LCD. Data dari mikrokontroler dikirim ke LCD melalui port 0.

Hasil pengujian kalibrasi sensor terhadap teslameter PASCO menghasilkan ketidaktepatan pada pengukuran. Nilai ketidaktepatan ini bervariasi yaitu antara 0,55% sampai dengan 66,6 %. Ketidaktepatan terbesar terjadi pada pengukuran medan magnet yang kecil. Hal ini disebabkan karena sensor Hall kurang sensitif dalam mengukur medan magnet terutama pada jarak yang cukup lebar.

Ketepatan alat dalam mengukur juga ditentukan dengan besarnya nilai skala terkecil (nst). Alat ukur yang dibuat mempunyai nilai skala terkecil 10 gauss. Dengan memperbesar nilai skala terkecil (nst) didapatkan rentang pengukuran yang cukup panjang. Sehingga alat yang dibuat mampu mengukur medan magnet sampai dengan 1600 gauss.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi dan pembahasan yang telah diberikan di muka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Penelitian ini telah menghasilkan alat ukur medan magnet dengan tampilan modul M1632 LCD yang telah dikarakterisasi.
2. Pengukuran maksimal yang dapat diukur oleh alat ukur yang dibuat adalah 1600 gauss atau 160 mT.
3. Alat hasil rancang bangun akan menghasilkan pengukuran dengan kesalahan mutlak 2,23% dibandingkan teslameter PASCO, jika posisi sensor berada pada jarak 2 mm sampai dengan 8 mm dari pusat medan magnet.
4. Jarak maksimal pengukuran medan magnet yang masih dapat dideteksi oleh alat ukur yang dibuat adalah 10 mm dari pusat medan magnet.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh disadari bahwa alat ukur medan magnet yang telah dibuat memiliki beberapa kekurangan. Oleh sebab itu untuk mengembangkannya menjadi alat yang akurat dan presisi disarankan untuk dilakukan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut menggunakan op-amp yang memiliki tegangan *offset* kecil dan stabilitas yang tinggi.
2. Penggunaan IC penguat instrumentasi akan lebih stabil dibandingkan dengan IC op-amp biasa.
3. Proses pengubahan dari besaran analog ke besaran digital menggunakan ADC dengan resolusi yang lebih tinggi, misalnya ADC 12 bit.
4. Pembuatan alat ukur yang dapat berkomunikasi dengan komputer, sehingga data dapat disimpan ke dalam memori komputer.

DAFTAR PUSTAKA

Allegro Microsystem Inc. 1999. *Ratiometric, Linear Hall-Effect Sensors*, Worcester. Massacusetts.

Atmel Corp. AT89C51. [http:// www.keil.com/dd/docs/ datashts/atmel/at89c51 _ds .pdf](http://www.keil.com/dd/docs/datashts/atmel/at89c51_ds.pdf).

Fraden, Jacob. 1996. *Handbook of Modern Sensors (Physics, Designs, and Applications)*. San Diego, California: Thermoscan Inc.

Nalwan, Paulus Andi. 2004. *Panduan Praktis Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD MI632*. Jakarta: Elex Media Komputindo.

National Semiconductor.2000. *LM324 Low Power Quad Operational Amplifier*. Datasheet.

Putra, Agfianto Eko. 2002. *Teknik Antarmuka Komputer : Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta :Graha Ilmu.

Putra, Agfianto Eko. 2004. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*.Yogyakarta : Gaya Media.

Resnick, Halliday.1989. *Fisika Jilid 2*. (Diterjemahkan : Pantur Silaban dan Erwin Sucipto). Jakarta: Erlangga.

Sinclair, Ian R.1992. *Sensors and Transducers A Guide for Technicians*. Oxford: Newnes Butterworth-Heinemann. Ltd.

Suhata. 2004. *VB Sebagai Pusat Kendali Peralatan Elektronik*. Jakarta : Elex Media Komputindo.

Sutrisno dan Tan Ik Gie. 1983. *Fisika dasar*. Bandung: ITB.

Sutrisno. 1989. *Elektronika 2 Teori Dasar dan Penerapannya*. ITB. Bandung.

Sutrisno. -. *Elektronika Lanjutan : Teori dan Penerapannya*. -

Yulianto. 2002. *Studi Prelimier Mineral Magnetik* (Tinjauan Kasus di Jawa Tengah), Makalah diseminarkan di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika UNNES.